

QUINUA, KIWICHA Y CAÑIHUA

FIBRA DIETÉTICA EN CEREALES ANDINOS

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Raúl M. Yaranga-Cano
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Aydee M. Solano-Reynoso
Elibet Moscoso-Moscoso

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
GINBIO



QUINUA, KIWICHA Y CAÑIHUA

FIBRA DIETÉTICA EN CEREALES ANDINOS

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Raúl M. Yaranga-Cano
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Aydee M. Solano-Reynoso
Elibet Moscoso-Moscoso

Atena Editora

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

GINBIO

Editora Chefe
Prof[a] Dr[a] Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes Editoriais
Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto Gráfico e Diagramação
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Capa
Daphynny Pamplona
Edição de Arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os Autores

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
Ano 2021

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Quinua, kiwicha y cañihua fibra dietética en cereales andinos

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q7 Quinua, kiwicha y cañihua fibra dietética en cereales andinos / Carlos A. Ligarda-Samanez, David Choque-Quispe, Henry Palomino-Rincón, et al. - PR: Atena, 2021.

Outros autores
Raúl M. Yaranga-Cano
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Aydee M. Solano-Reynoso
Elibet Moscoso-Moscoso

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-207-1
DOI 10.22533/at.ed.071212403

1. Fibra dietética. 2. Cereales andinos. 3. Quinua. 4. Kiwicha. 5. Cañihua. I. Ligarda-Samanez, Carlos A. II. Choque-Quispe, David. III. Palomino-Rincón, Henry. IV. Título.

CDD 613.263

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

Atena Editora
Ano 2021

PRESENTACIÓN

En el presente libro se estudiaron a los cereales andinos oriundos del Perú, se evaluaron su contenido de fibra dietaria y sus componentes en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), tres variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) y tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*).

Las siguientes variedades de cada grano andino fueron elegidas por su alto contenido de fibra dietaria soluble; quinua (variedad Salcedo INIA), cañihua (variedad Cupi) y kiwicha (variedad Morocho). Estas variedades fueron molidas y tamizadas para obtener salvados ricos en fibra dietaria soluble e insoluble.

Se probaron dos métodos para aislar la fibra soluble e insoluble: el método neutro y el método alcalino. El método neutro consistió en solubilizar en agua las fracciones de fibra dietaria soluble presentes en los salvados; posteriormente las fracciones solubles se purificaron por diversos procedimientos fisicoquímicos, luego de los cuales se realizó la operación de liofilización para la obtención de las fracciones ricas en fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble. Por otro lado, el método alcalino utilizó otro medio como disolvente para realizar el aislamiento de la fibra dietaria soluble, como fue el reactivo de hidróxido de sodio al dos por ciento; los residuos de las fracciones de fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble fueron liofilizados. Una vez aisladas las fracciones ricas en fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble por los métodos neutro y alcalino, a partir de los salvados concentrados, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales; además, se determinó el rendimiento de ambos métodos de extracción de fibra.

Finalmente, mediante los resultados mostrados en la presente publicación, se evidencia que los cereales andinos son ricos en fibra dietética soluble e insoluble, además de una excelente fuente nutricional de consumo de diferentes componentes beneficiosos para la salud.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional José María Arguedas de Andahuaylas, Perú.

A la Vice Presidencia de Investigación de la de la Universidad Nacional José María Arguedas, en especial al Dr. Raul Marino Yaranga Cano.

Al Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO) de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Al Laboratorio de Investigación de Nanotecnologia de Alimentos (LINA) de la Universidad Nacional José María Arguedas.

A la Escuela de Posgrado Especialidad en Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

A CONCYTEC por ser una de las pocas Instituciones que apuesta por el desarrollo científico del Perú.

A la MSc. Ritva Repo Carrasco y Ph. D. Zory Quinde de Axtell por el apoyo brindado.

PROLOGO

En el libro se presenta un amplio tópico sobre el comportamiento de la fibra dietética de los cereales andinos: quinua, kiwicha y cañihua. Desde siglos antes de Cristo, se ha reconocido los beneficios de la fibra proveniente de los cereales, hoy se conoce que la alimentación de los habitantes alto andinos desde tiempos pretéritos se basaba en gran porcentaje de fibra de verduras y cereales; la industrialización de las harinas ha venido promoviendo un descenso importante en el consumo de fibra en la población general.

En la actualidad, diversos estudios científicos vienen exponiendo los beneficios del consumo de fibra dietética para el organismo humano en términos de salud, se ha descubierto que el consumo frecuente de fibra dietética está directamente relacionada a la disminución de enfermedades intestinales, diabetes, obesidad, colesterol y enfermedades del corazón. Por razones científicas y sociales, el uso de la fibra dietética como un instrumento terapéutico y como estrategia preventiva, es recomendada, tomando en consideración la diversidad de las fibras dietéticas, la variabilidad de la dosis y la duración del procedimiento. Para apreciar con claridad el aporte y análisis del contenido, el libro se divide en cinco capítulos:

En el primer capítulo, se expone la diversidad bilógica, la distribución geográfica, clasificación taxonómica, propiedades químicas, valor nutricional e identificaciones agronómicas, de los cereales andinos quinua, kiwicha y cañihua; se da énfasis en estos granos por ser parte de la cultura alimentaria e historia en Sudamérica, estos cultivos alto andinos cumplen un rol importante no solo en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos de comunidades de escasos recursos, sino también en el aspecto culinario y el legado cultural de los pueblos.

En el segundo capítulo, se presenta la composición de la fibra dietética, sus propiedades físico-químicas, propiedades funcionales, métodos analíticos de determinación, su aplicación y los compuestos bioactivos asociados. Es trascendental apreciar la gran diversidad de sustancias consideradas como fibra dietética, cada tipo posee características físicas, químicas y fisiológicas particulares, en especial las potencialidades de los cereales andinos más representativos como la quinua, kiwicha y cañihua, que son una fuente importante de antioxidantes, que contribuyen en la reducción del riesgo de las enfermedades cardiovasculares y sus derivaciones.

En el tercer capítulo, se puntualizan los métodos de análisis empleados para analizar la composición de la fibra dietética, desde la composición proximal, el proceso de determinación de fibra soluble e insoluble, los beta glucanos, almidones resistentes, celulosa, lignina, pentosanos o arabinoxilanos, capacidad de absorción y retención de agua, capacidad de absorción de muestra orgánica y viscosidad; cada componente es particularmente importante, la estructura fisicoquímica de la fibra se traduce en diversos beneficios para la salud, las características estructurales de la fibra dietética está relacionada directamente a efectos fisiológicos determinados.

En el cuarto capítulo, se detalla el proceso del aislamiento de la fibra dietética de cereales andinos, que constituyen: la limpieza, la de saponificación, secado, molienda, tamizado y empacado; también se presenta el proceso de extracción de fracciones de fibra

dietética soluble e insoluble.

El capítulo quinto, detalla la caracterización química y tecno funcional de los cultivos andinos quinua, kiwicha y cañihua; es importante resaltar, que estos alimentos poseen ingredientes activos que benefician al cuerpo, proporcionando bienestar y salud actuando como un agente que reduce el riesgo de una enfermedad. La ciencia y los investigadores cumplen un rol determinante en el estudio de alimentos que por su composición físico-química son catalogados como alimentos funcionales por sus efectos fisiológicos que superan su uso cotidiano y efecto tradicional.

Profundizar en el estudio de cultivos andinos, nos permite comprender la cultura de las comunidades campesinas de los andes, la agricultura tradicional y la importancia de la conservación de la biodiversidad de los cultivos nativos para garantizar la seguridad alimentaria y el aprovechamiento de sus propiedades terapéuticas. Conocer la trascendencia de la fibra dietética, su composición, proceso y beneficios, ayuda a comprender al ser humano y su necesidad imperante de consumo de alimentos funcionales como una respuesta a una necesidad de salud y conlleva a promover el estudio de los cultivos nativos para el desarrollo tecnológico del país que es el objetivo en este contexto.

Los autores.

SUMARIO

INTRODUCCIÓN

Los granos andinos son plantas que presentan inmensa diversidad genética. Sin embargo, hasta la actualidad solo son muy pocas las variedades utilizadas para procesamiento. Promover el estudio de los cultivos nativos es una tarea que debemos emprender como una forma de lograr el desarrollo tecnológico del país. Los Andes son una zona de agricultura tradicional que puede ser considerada como un macro centro de conservación de la biodiversidad de los cultivos nativos. Los granos andinos forman parte del Perú y también de otros países sudamericanos. Son muy bien adaptados a las condiciones de los andes: altura, clima, suelo. Presentan una gran variabilidad en cuanto a tamaño, forma y colores de planta y grano.

El cultivo de la quinua, kiwicha y cañihua, actualmente viene siendo fomentado debido principalmente a que presentan alto contenido proteico en la semilla y parte vegetal, por lo que se requieren nuevas vías para su uso en la Industria Alimentaria, estos granos andinos se caracterizan por contener proteínas de alto valor biológico y contenidos adecuados de fibra dietaria total (Bravo et al, 2010, 2014; Ayala, 1995). Son empleados como alimento, por los habitantes de las comunidades campesinas de los andes, así como por sus propiedades terapéuticas, sin embargo, con la introducción de especies no nativas e importación de alimentos, los granos andinos han perdido su lugar en la dieta de los peruanos (Rastrelli, 1996).

Podrían elaborarse productos innovadores con estas materias primas. No obstante, hay pocos estudios que permiten el conocimiento del real potencial de estas variedades en cuanto a su aprovechamiento en la Industria Alimentaria. Es muy importante evitar la desaparición de cultivos andinos para garantizar la seguridad alimentaria de los pobladores de los andes y también de las ciudades de la costa. Considerando que es necesario disminuir la dependencia alimentaria del Perú en relación a la creciente importación, que genera la mayor fuga de divisas, es que se ha propuesto estudiar estos cereales andinos.

La finalidad de la presente publicación es dar a conocer los métodos de aislamiento de fibra dietética a partir de cereales andinos usando soluciones: neutra y alcalina. Asimismo, se pretende dar a conocer los métodos de caracterización en las materias primas y productos.

CAPÍTULO 1

CEREALES ANDINOS

LA QUINUA

Generalidades

La quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Este caso puede explicarse como una migración antigua de quinua, por tener caracteres similares de grano, ser conespecíficos, además por haberse obtenido descendencia al realizarse cruzamiento entre ellos. La quinua en la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Norteamérica y Canadá, hasta Chiloé en Chile; en Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación (Mujica et al., 2001; Heiser y Nelson, 1974).

Wilson (1976), considera que la quinua se habría originado en el hemisferio norte (México y Estados Unidos), en base a estudios de los *Chenopodium* cultivados, concluyendo que *Ch. nuttalliae* y *Ch. quinoa*, son conespecíficos distintos, pero conespecificos con sus formas silvestres acompañantes, sugiriendo cambios en la nomenclatura existente, como son incluir dentro de *Ch. quinoa ssp. milleanum* las diferentes subespecies de *Ch. hircinum* y a la especie mexicana cultivada reducirla como una subespecie de *Ch. berlandierii*, del mismo modo sugiere que la quinua se habría derivado directamente de algún tipo silvestre en los Andes.

Por otro lado, Wilson y Heiser (1979) manifiestan que *Ch. quinoa* habría evolucionado independientemente en Sudamérica sin influencia de las especies del Norte, siendo los posibles progenitores *Ch. hircinum* de tierras bajas o una especie silvestre extinguida de los Andes, que pudo haber sido desplazada o asimilada por el acompañante silvestre.

El origen de *Ch. quinoa* aún es complejo, especialmente porque están involucradas muchas posibilidades. Se sugiere la participación de dos especies diploides en el origen de *Ch. quinoa*, por lo que la quinua sería un anfidiploide con herencia disómica, siendo el pariente silvestre más cercano de *Ch. quinoa, Ch. hircinum* y de *Ch. nuttalliae* el silvestre *Ch. berlandieri* respectivamente.

Posteriormente, Cieza de León (1560) indicó que la quinua se cultivaba en las tierras altas de Pasto y Quito, mencionando que en esas tierras frías se siembra poco maíz y abundante quinua. También Patiño (1964), menciona que, en sus revisiones sobre La Paz, se habla de la quinua como una planta que servía de alimento a los indígenas y señala tambien que Humboldt, al visitar Colombia indicó que la quinua siempre ha acompañado y seguido a los habitantes de Cundinamarca.

El Ministerio de Agricultura (1997), menciona que las variedades o ecotipos de

quinua Kancolla crecen a una altitud que va desde los 800 a 4000 m.s.n.m. Tiene un color de grano blanco y presenta sabor dulce con un periodo vegetativo de 140-160 días. La variedad Blanca de Juli de color blanco, sabor semidulce tiene un periodo vegetativo de 150-180 días.

Según el estudio de demanda de quinua, elaborado por el convenio ADEX/USAID/MSP/COSUDE para el año 1996, el consumo percápita estimado en el Perú fue de 0,517 kg con tendencia a ir incrementándose en los próximos años. Esto se logrará presentándole al consumidor una serie de alternativas a base de quinua y además haciéndole conocer las bondades nutricionales del producto (ADEX, 1996).

De acuerdo a ADEX, Perú exporta quinua en varias presentaciones, entre ellas, orgánica, convencional (blanca, negra, roja), quinua congelada, quinua procesada (desaponizada y lavada), pouches de quinua (ready to eat), quinua inflada, etc. Sus principales destinos son EE.UU., Países Bajos y Canadá (ADEX, 2017)

Clasificación taxonómica

Según Giusti (1970), La quinua es una planta de la familia *Chenopodiacea*, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata.* El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiacea* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies. Dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Ch. quinoa Willd*. y *Ch. pallidicaule Aellen*, en Sudamérica; como verdura *Ch, nuttalliae Safford y Ch. ambrosioides L.* en México; *Ch. carnoslolum* y *Ch. ambrosioides* en Sudamérica; el número cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticos. Este género también incluye especies silvestres de amplia distribución mundial: *Ch. album*, *Ch. hircinum, Ch. murale, Ch. graveolens, Ch. petiolare* entre otros.

Reino	:	Vegetal.
División	:	Fenerógamas.
Clase	:	Dicotiledoneas.
Sub clase	:	Angiospermas.
Orden	:	Centrospermales.
Familia	:	Chenopodiáceas.
Género	:	*Chenopodium.*
Sección	:	Chenopodia.
Sub sección	:	Cellulata.
Especie	:	*Chenopodium quinoa* Willdenow.

Nombres vulgares. La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían con los diferentes idiomas (Boversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013; Mujica, 1996). En Perú: Quinua, Jiura, Quiuna; en Colombia: Quinua, Suba, Supha, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca; en Ecuador: Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate; en Bolivia: Quinua, Jupha, Jiura; en Chile: Quinua, Quingua, Dahuie; en Argentina: Quinua, quiuna. Español: Quinua, Quinoa, Quingua, Triguillo, Trigo inca, Arrocillo, Arroz del Perú, Kinoa. Inglés: Quinoa, Quinua, Kinoa, Swet quinoa, Peruvian rice, Inca rice, Petty rice. Francés: Anserine quinoa, Riz de peruo, Petit riz de Peruo, Quinoa. Italiano: Quinua, Chinua. Portugués: Arroz miudo do Perú, Espinafre do Perú, quinoa. Alemán: Reisspinat, Peruanischer reisspinat, Reismelde, Reis-gerwacks, Inkaweizen. India: Vatu. China: Han. Quechua: Kiuna, Quinua, Parca. Aymara: Supha, Jopa, Jupha, Jauira, Aara, Ccallapi, Vocali, Jiura. Azteca: Huatzontle. Chibcha: Suba, Supha, Pasca.

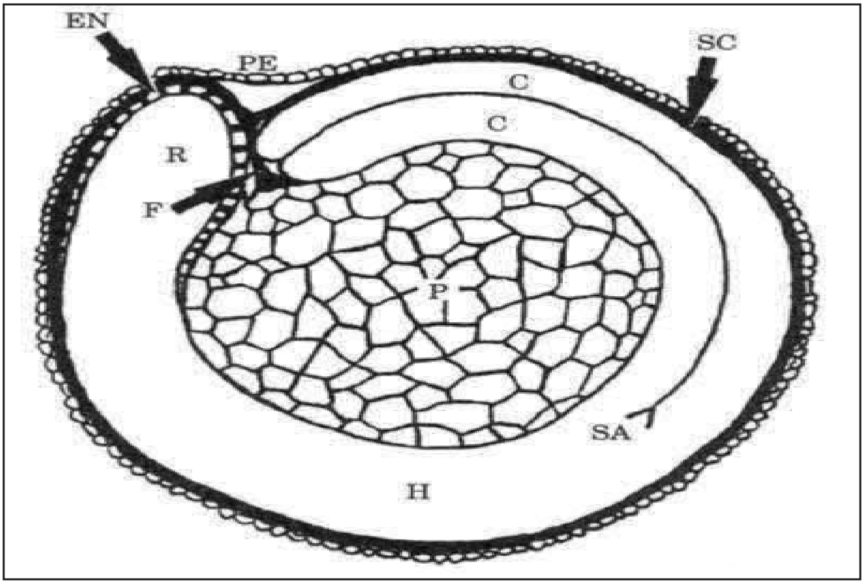


Figura 1. Sección longitudinal media del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Fuente: Prego (1988).

Donde: PE: Pericarpio, SC: Cubierta de la semilla, EN: Endosperma; C: Cotiledones, H: Hipocotilo; SA: Apice del meristemo; R: Radicula, P: Perisperma; F: Funiculo.

Referencia agronómica

Los siguientes son datos agronómicos de la quinua según Aedes (1999):

Nombre científico	**:**	*Chenopodium quinoa* Willdenow.
Centro de origen	**:**	Perú, Bolivia y México.

Variedades. La planta posee una gran variabilidad y diversidad, su clasificación se ha hecho en base a grupos agroecológicos, se reconoce 5 categorías básicas. Quinuas del nivel del mar; se encuentran en la zona de Linares y Concepción, Chile, son plantas vigorosas, ramificadas y producen semillas de color crema. Quinuas del valle; crecen en los valles comprendidos entre los 2500 y 3500 msnm. Esta especie es de gran tamaño y tiene un largo período de crecimiento. Quinuas del Altiplano; Ha sido encontrado alrededor del Lago Titicaca, es resistente a las heladas, de poca altura, carece de ramas y tiene un corto período de crecimiento. Quinuas de los salares; crecen en las llanuras del Altiplano boliviano, soporta terrenos salinos y alcalinos. Tiene semillas amargas con un alto contenido de saponina. Quinua de las yungas; Encontrada en los Valles interandinos de Bolivia, entre los 1500 a 2000 msnm, tiene una coloración verde oscuro al ser plantada y en la madurez se torna naranja. Tiene pequeñas semillas blancas o amarillas (Gómez y Aguilar, 2016). Perú y Bolivia tienen la más extensa variedad de especies, teniendo 2000 muestras de ecotipos. Existen también muestras en Chile, Argentina, Ecuador, Colombia, EE.UU, Inglaterra y la Unión Soviética.

Descripción. La quinua es una planta de desarrollo anual, de hojas anchas, dicotiledónea y usualmente alcanza una altura de 1 a 2 m. El tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas. El tallo puede tener o no ramas, dependiendo de la variedad y/o densidad del sembrado. La raíz principal normalmente mide de 20 a 25 cm. De longitud, formando una densa trama de radículas, las cuales penetran en la tierra tan profundamente como la altura de la planta. Las panícolas o panojas crecen generalmente en la punta de la planta y algunas veces debajo del tallo. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Generalmente son bisexuales y se auto fertilizan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm. De diámetro (de 250 a 500 semillas por grano), circundando al cáliz, el cual es del mismo color que el de la planta. La semilla es usualmente lisa y de color blanco, rosado, naranja como también rojo, marrón y negro), el peso del embrión constituye el 60% del peso de la semilla, formando una especie de anillo alrededor del endospermo que se desprende cuando la semilla es cocida.

Regiones de Producción. En los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú.

Orígenes. Posiblemente fue cultivada en los Andes bolivianos, ecuatorianos y peruanos desde hace 3000 a 5000 años. Este cultivo, al igual que la papa fue uno de los principales alimentos en muchos pueblos andinos de la antigüedad.

Requerimiento de luz solar. Muestra varios fotoperíodos, desde requerimientos de días cortos para su florecimiento, cerca del Ecuador, hasta la insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo, en Chile.

Precipitación. De 300 a 1000 mm, las condiciones pluviales varían según la especie y/o país de origen. Las variedades del Sur de Chile necesitan mucha lluvia mientras que del Altiplano muy poca. En general crece muy bien con una buena distribución de lluvia durante su crecimiento y desarrollo.

Altitud. Crece desde el nivel del mar en Chile y Perú hasta los 4000 m. de altura en los Andes, pero generalmente crece entre los 2500 y 4000 m. de altura.

Bajas Temperaturas. Tolera una amplia variedad de climas, la planta no se ve

afectada por climas fríos (-1°C). Las flores de la planta son sensibles al frío, por eso las heladas de media estación que ocurren en los Andes pueden destruir el cultivo.

Altas Temperaturas. La planta tolera más de 35 °C, pero no prospera.

Tipos de Suelo. Puede crecer en una amplia variedad de suelos cuyo pH varía de 6 a 8.5.

Técnicas de Manejo. En los Andes, es diseminada normalmente sobre la tierra. Algunas veces es sembrada en hileras angostas y poco profundas. El semillero debe estar muy bien preparado y sobre todo drenado ya que las semillas pueden morir fácilmente por aniegos. La planta crece en forma rápida, el período de crecimiento abarca de 90 a 120 días, dependiendo de las variedades sembradas y de la temperatura. La producción mecanizada está teniendo mucho éxito en Sudamérica.

Enfermedades. Las pestes o enfermedades no ocasionan pérdidas considerables. El principal problema es la mala hierba, la cual crece cerca del cultivo. Otra limitación es la cosecha, ya que si no es debidamente cronometrada la planta se puede despedazar, con lo que habría pérdida de las semillas. Además, es difícil decidir un tiempo exacto de cosecha debido a que las panojas maduran en distintas épocas. Aumentando la velocidad de siembra induce a la planta a producir únicamente una sola panoja, la cual madura uniformemente.

Cosecha. Tiene períodos extremadamente variables de madurez, los cuales dificultan su mecanización. Es por esto que la cosecha se ha hecho, por muchos años, a mano por los mismos campesinos y muy rara vez se utilizaron maquinarias.

Productividad. Aproximadamente 3000 Kg/Ha; y muchas veces se llegan a cosechar hasta 5000 Kg/Ha; lo que se compara a la cosecha del trigo en la zona andina. Al cosechar las semillas, primero se les trilla, luego se les ventila para quitarle la cáscara y por último se le seca cuidadosamente ya que al ser almacenadas deben estar completamente secas debido a que éstas germinan rápidamente. La semilla de la quinua debe procesarse antes de quitarle las saponinas amargas. En condiciones caseras este proceso es hecho mediante el remojado, luego el lavado y por último el frotado de la semilla. A niveles comerciales el molido mecánico o el lavado y molido conjuntamente, son los métodos más comunes.

Composición proximal y valor nutricional

Las semillas (granos) se utilizan previa eliminación del contenido amargo (Saponina del episperma) en forma de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas, tortas, pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes. Últimamente, se está utilizando como ingrediente del musli para los desayunos, así como hojuelas en reemplazo de las hojuelas de trigo y también en expandidos y extruidos (Ortega, 1992).

Las hojas y plántulas tiernas se utilizan como reemplazo de las hortalizas de hoja (Acelga, Espinaca, Col, etc.), hasta la fase fenológica de inicio de panojamiento (hojas) y plántula hasta la fase de ramificación; con ellas se prepara: ensalada especial de quinua, ensalada mixta, ensalada de papas con hojas de quinua, ensalada jardinera de quinua, ají de hojas tiernas de quinua, crema de hojas de quinua (Muñoz *et al.*, 1990).

Las inflorescencias tiernas completas hasta la fase fenológica de grano lechoso, en

reemplazo de hortalizas de inflorescencia como el brócoli y coliflor, etc. Preparándose los muy conocidos capeados de Huauzontle en el valle de México y Texcoco (Mujica, 1993).

Compuesto	Quinua cocida	Quinua cruda	Harina de quinua	Hojuelas de quinua	Sémola de trigo
Energía (kcal)	101	374	341	374	376
Agua (g)	79.0	11.5	13.7	7.0	12.6
Proteína (g)	2.8	13.6	9.1	8.5	19.5
Grasa (g)	1.3	5.8	2,6	3.7	10.7
Carbohidrato (g)	16.3	66.3	72.1	78.6	53.8
Fibra (g)	0.7	1.9	3.1	3.8	8.3
Ceniza (g)	0.6	2.5	2.5	2.2	3.4
Calcio (mg)	27	56	181	114	76
Fósforo (mg)	61	242	61	60	-
Hierro (mg)	1.6	7.5	3.7	4.7	3.6
Retinol (mcg)	-	-	0	0	0
Tiamina (mg)	0.01	0.48	0.19	0.13	0.21
Riboflavina (mg)	0.00	0.03	0.24	0.38	0.25
Niacina (mg)	0.26	1.40	0.68	1.10	1.84
Ácido ascórbico (mg)	0.0	0.5	-	-	-

Cuadro 1: Composición química de quinua por 100 g de porción comestible.

Fuente: Ministerio de Salud (1996).

LA KIWICHA

Generalidades

Se trata de una planta (muy rústica) anual que alcanza gran desarrollo y elevada altura en los suelos fértiles, llegando en algunos casos hasta 2.6 metros. Su ciclo vegetativo varía entre 120 a 180 días dependiendo de la variedad y zona donde se cultiva. Además, presenta inflorescencias grandes que pueden ser decumbentes, erectas y semi-erectas adoptando formas glomerulares o amarantiformes típicas, densas o laxas. El fruto es un pixidio cubierto por una capsula que se abre transversalmente, la semilla es circular vista por encima y lenticular vista de costado, de 1 a 1.5 mm de diámetro y 0.5 mm de espesor, con un peso de 0.6 a 1 g por 100 semillas; generalmente tiene colores pálidos, pero el color puede variar desde blanco hueso a beige, café claro, rojo, pardo y negro (Sauer, 1976).

La mayor parte de la semilla está ocupada por el embrión que se enrolla en círculo, este circunda el perispermo en uno de sus cantos. La envoltura y el perispermo están fuertemente unidos el uno al otro, son susceptibles de separar por molienda abrasiva. El revestimiento de la semilla es una capa delgada y única cuya porción exterior contiene el pigmento que imparte color a la semilla. Los cuerpos proteínicos están ubicados en los tejidos embriónicos y del endospermo, pero el tamaño de la célula y del cuerpo proteínico varía. Los cuerpos proteínicos en las células del endospermo varían entre 1.5 a 3 um. En el perispermo la proteína que se presenta en forma de depósito entre los pequeños gránulos amiláceos, que son de 0.75 a 1.25 um de diámetro. Los gránulos amiláceos son de forma poligonal y alta capacidad de absorción de agua. El almidón es el principal componente del perispermo así como el más abundante, el cual consta de amilopectina principalmente y solo 5-7 % de amilosa (Bressani, 1989).

En América existen tres especies del genero *Amaranthus* que producen inflorescencias de semillas blancas o marfil. El *A. hipochondriacus y A. cruentus* los cuales son autóctonos de México y el *A. caudatus* original del Perú. Todos estos amarantos se conocen con los nombres comunes de “Huantli” (México); “Achis”; “Achita”, “Coima”, “Incanato”, “Kiwicha” (Perú); “Trigo Inca” y “Quinua del valle” (Argentina); (Sánchez, 1980).

Se sabe que, por el colapso de la cultura inca, el amaranto cayó en desuso. Los pobladores del Incanato no solo la utilizaron como alimento, sino también como ofrenda de sacrificio en sus ritos religiosos; considerados por los conquistadores como “paganos”. Por tal motivo el cultivo fue erradicado totalmente (Antúnez de Mayolo, 1981). Recién en los años 60 el amaranto es considerado como buen alimento y su cultivo se torna importante en México, Guatemala y U.S.A. (Sánchez, 1980).

Clasificación Taxonómica

Sánchez (1980) señala que de acuerdo al sistema Engler la ubicación sistemática de la kiwicha es la siguiente:

Reino	:	Vegetal.
División	:	Fanerógama.
Tipo	:	*Embryophyta siphonogama.*
Subtipo	:	Angiosperma.
Clase	:	Dicotiledoneae.
Subclase	:	Archyclamideae.
Orden	:	Centrospermales.
Familia	:	Amaranthaceae.
Género	:	*Amaranthus.*
Sección	:	*Amaranthus.*
Especies	:	*Caudatus, cruentus e hypochondriacus.*

Nombres vulgares. Amaranto (español); Amaranth (inglés), Kiwicha (Cusco, Perú), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangorache, Ataco, Quinua de Castilla (Ecuador), Alegría y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eeerai (India).

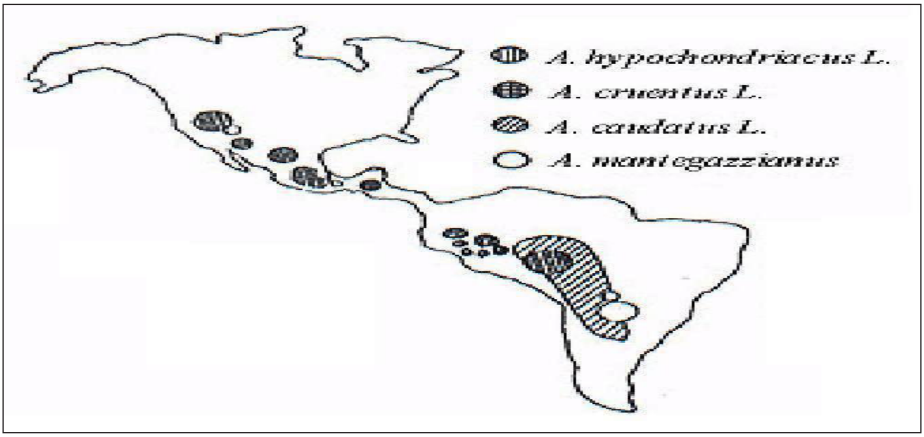


Figura 2. Distribución del género *Amaranthus* en América.

Fuente: Sauer (1950).

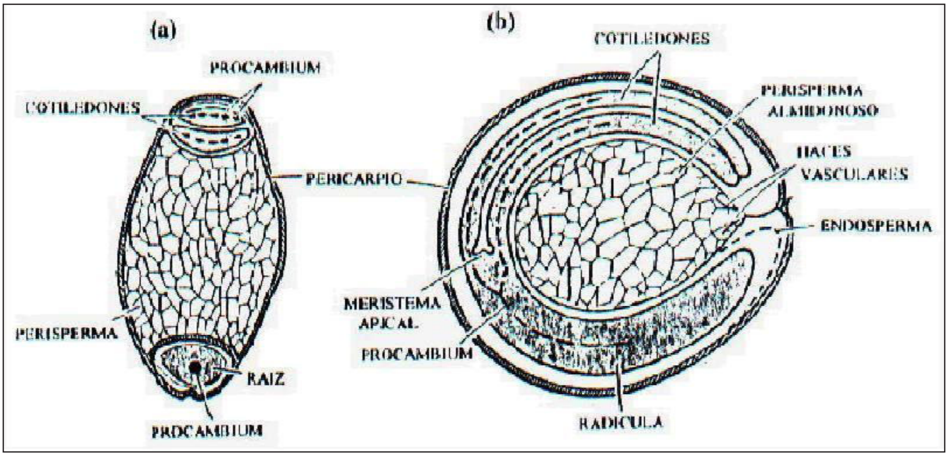


Figura 3. Diagrama de secciones transversal (a) y longitudinal (b) de semilla de amaranto.

Fuente: Irving (1981).

Referencia agronómica

Según Aedes (1999) se mencionan los siguientes datos agronómicos de la kiwicha:

Nombre científico	:	*Amaranthus caudatus L.*
Centro de origen	:	Perú, Bolivia y México.
Variedades	:	Oscar Blanco, Centenario y Morocho.
Etapas del desarrollo	:	Germinación.
		Crecimiento Inicial.
		Panojamiento (formación de panoja).
		Inicio de floración.
		Fructificación.

Zonas de producción. Costa y sierra hasta los 3200 m.s.n.m.

Época de siembra. Variable según la zona: Octubre, noviembre en zonas de (2000 - 2800 m.s.n.m.); a fines de septiembre en zonas de (2800 - 3200 m.s.n.m.).

Clima. Templado no tolera heladas. Temperatura óptima de 18 - 20 ºC.

Ciclo de vida. 6 meses.

Tamaño de planta. 2.30 m.

Distanciamiento. 0.7 m. entre surcos y 0.15 - 0.20 m. entre plantas.

Rotación. Antes de kiwicha: alfalfar, habas, papas. Después de kiwicha: habas, arvejas, maíz-fríjol.

Cantidad de semilla. 4-6 Kg./Ha.

Suelos. Francos con alto contenido de materia orgánica.

Abonamiento. Estiércol descompuesto 20 TM/Ha, o compost 10 TM/Ha, o guano de isla (mezclado con estiércol es compuesto: 450 Kg./Ha (escoger una de las tres alternativas).

Riegos. Frecuentes desde la siembra al primer deshierbo. Frecuencia normal del aporque a la maduración. Planta tolerante a la salinidad.

Control de malezas. 1er deshierbo 40 días después de la siembra (deshierbo más escarda más raleo). 2do deshierbo 58 días después de la siembra (deshierbo más aporque).

Plagas y su control. Pájaros en grano maduro (se controla al cosechar).

Usos. Grano tostado (expandido), entero y en harina. Como componente de golosinas o adicionado a derivados lácteos (yogurt).

Parte utilizable. Grano o semilla.

Rendimiento. En grano 1.9 Toneladas/ha.

Composición Química y valor nutricional

El valor nutritivo del grano es elevado y alcanza 12-16 por ciento de proteínas, el balance de aminoácidos es óptimo, con una buena proporción de los azufrados; lisina, metionina y cistina, así como ácidos grasos insaturados, fibra y minerales (Chamorro, 2018; Ministerio de Salud, 1996).

Compuesto	Kiwicha cruda	Kiwicha tostada
Energía (Kcal.)	377	428
Agua (g)	12.0	0.7
Proteína (g)	13.5	14.5
Grasa (g)	7.1	7.8
Carbohidratos (g)	64.5	74.3
Fibra (g)	2.5	3.0
Ceniza (g)	2.4	2.7
Calcio (mg)	236	283
Fósforo (mg)	453	502
Hierro (mg)	7.5	8.1
Tiamina (mg)	0.30	0.01
Riboflavina (mg)	0.01	0.01
Niacina (mg)	0.40	1.30
Ácido ascórbico	1.3	0.5

Cuadro 2: Composición química de dos variedades de Kiwicha por 100 g de porción comestible.

Fuente: Ministerio de Salud (1996).

LA CAÑIHUA

Generalidades

La cañihua es una de las especies agrícolas menos estudiadas y en muchas oportunidades se la ha confundido con la quinua (Vargas, 1938). Bertonio, citado por Hunziker (1952), en su vocabulario de la lengua aimara de 1612 denomina quinua a la qañiwa y al definir el significado de los vocablos “isualla hupa” dice: “quinua silvestre de la que llaman cañahua” (2:183). De igual manera Cobo, en su Historia del Nuevo Mundo, al referirse específicamente a la quinua escribe: “De las otras quinuas de colores hacen chicha, señaladamente de la cenicienta, llamada cañahua...”. No se sabe exactamente si el autor se confunde con las quinuas del tipo Kcoito que tienen un color gris, o se refiere a la qañiwa que presenta varios colores, pero no el ceniciento.

Chervin (1908) fue uno de los primeros en indicar que la qañiwa era una especie diferente a la quinua, pero no fue hasta 1929 en que el botánico suizo Paul Aellen creó la denominación de *Chenopodium pallidicaule* para este cultivo, probablemente en base a un espécimen de tallo amarillo, citado por Hunziker en 1952. No existen evidencias arqueológicas relacionadas con la qañiwa, de manera que no se puede saber desde qué tiempo data su cultivo. Sin embargo, el hecho de que las plantas pierden gran parte del grano por dehiscencia, hace pensar que su proceso de domesticación no está aún concluido. Este cultivo parece estar muy relacionado con la cultura Tiahuanaco que estuvo asentada en el altiplano de Perú y Bolivia. Es en esta área donde se encuentra en la actualidad la mayor parte de la superficie cultivada. La mención más antigua sobre el uso de la qañiwa en el continente americano es de Diego Cabeza; su Descripción y Relación de la Ciudad de La Paz data de 1586. Al enumerar los recursos de la región, el autor menciona: “las semillas con que los indios se han sustentado y sustentan son: maíz, papas, chuño, oca, quinua y cañagua”.

En las citas se usa indistintamente el nombre de qañiwa, propio de las regiones con

idioma quechua; o kañawa, de uso entre la población aimara. Comparando los informes de los primeros cronistas españoles, se puede deducir que la superficie cultivada con esta especie era más amplia en el pasado. Pedro Mercado de Peñaloza (1583), cronista español, la encontró en toda la región de Pacajes en Bolivia. De Morúa (citado por Vargas 1938) la nombró como la especie cultivada por los indios Urus que habitaban al sur del lago Titicaca, en una de las áreas más desoladas del altiplano. En su texto indica: "...y ninguna cosa siembran ni tienen cuidado de hacer cosas, solamente viven de hierbas, aunque hay entre ellos una simiente semejante al mijo, la cual nace de su propia voluntad sin labor y llámanle quinua y cañagua, con su misma hoja la quieren y comen todos los indios". En esta descripción parece haber nuevamente una confusión entre quinua y qañiwa, pero lo más importante es la mención al uso de las hojas, al igual que de otra quenopodiácea *(Chenopodium nuttaliae)* que cultivaban los aztecas. El cultivo de la qañiwa no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Perú y Bolivia y de las serranías de Cochabamba en Bolivia, y de Cusco, Ayacucho, Huancavelica y Junín en Perú. En estas áreas la qañiwa ha tenido éxito por sus características agronómicas de notable resistencia a bajas temperaturas. El área de mayor concentración de campos cultivados con esta especie se sitúa en la parte noroeste del altiplano, alrededor de las poblaciones de Llalli, Cupi, Macarí, Ayaviri, Nuñoa y Huancané en el departamento de Puno, Perú, donde se han calculado entre 5000 y 6000 ha en 1986. En Bolivia se la cultiva en el departamento de La Paz, en el área de Pacajes, las zonas altas de la provincia de Omasuyos y alrededor de Independencia en el departamento de Cochabamba. La "cuchi-quinua" ha sido relacionada a la qañiwa y se supone su presencia en Ecuador (Acosta Solis, 1942), aunque parece poco probable que se trate de esta especie.

Clasificación taxonómica

Mujica (1996) señala que de acuerdo al sistema Engler la ubicación sistemática de la cañihua es la siguiente:

Reino	**:**	Vegetal.
División	**:**	Fenerógamas.
Clase	**:**	Dicotiledoneas.
Sub clase	**:**	Angiospermas.
Orden	**:**	Centrospermales.
Familia	**:**	Chenopodiáceas.
Género	**:**	*Chenopodium.*
Sección	**:**	Chenopodia.
Sub sección	**:**	Cellulata.
Especie	**:**	*Chenopodium pallidicaule* Aellen.

Nombres vulgares. Qañiwa, cañihua (Perú), cañahua (Bolivia). Aymara: Supha, Jopa, Jupha, Jauira, Aara, Ccallapi, Vocali, Jiura. Azteca: Huatzontle. Chibcha: Suba, Supha, Pasca.

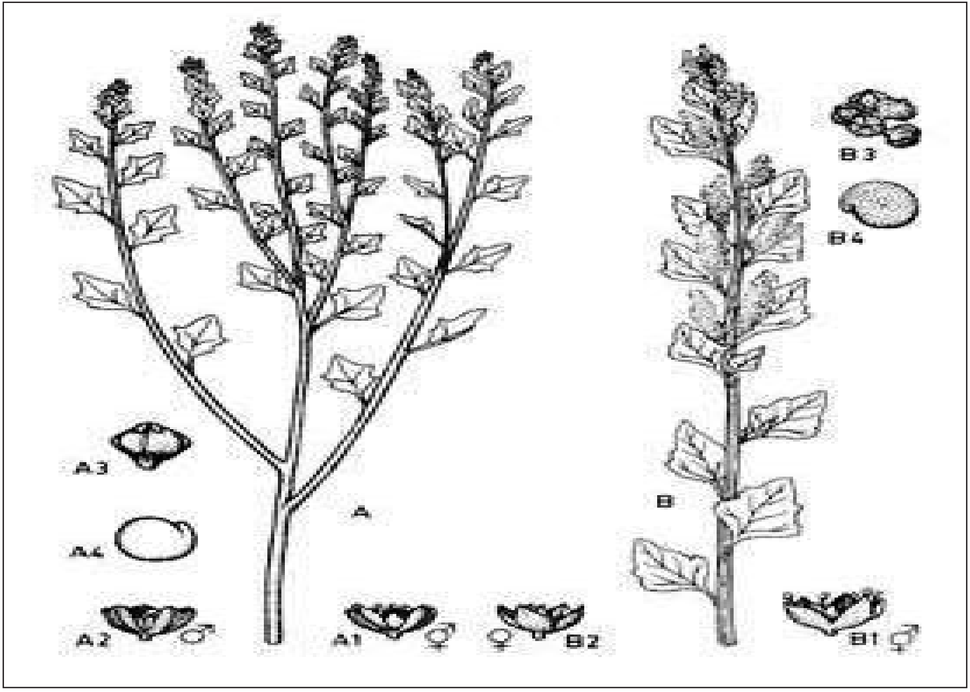


Figura 4: Granos andinos: A. qañiwua (*Chenopodium pallidicaule*); A1. Flor hemafrodita: A2. Flor masculina; A3. Fruto; A4. Semilla; B. quinua (*C. quinoa*); B1. Flor hermafrodita; B2. Flor femenina; B3. Frutos; B4. Semilla.

Fuente: Mujica (1996).

Referencia agronómica

Aedes (1999) menciona los siguientes datos agronómicos de la cañihua:

Nombre científico : *Chenopodium pallidicaule.*

Descripción. La cañihua es una hierba cuyo tamaño oscila entre los 20 y 60 cms. Su tallo y hojas presentan manchas de color rojo y amarillo, incrementándose en tamaño en las partes inferiores de la planta. Esta especie es hermafrodita y, debido a la forma cerrada de la flor, la kañihua se auto poliniza en época de fertilidad. Las numerosas semillas tienen aproximadamente 1 mm. De diámetro al igual que la semilla de amaranto y poseen una cubierta rugosa. Estas varían en color desde el marrón oscuro al negro. Comparados con los granos convencionales, el embrión es largo en relación al tamaño de la semilla.

Regiones de Producción. La cañihua se cultiva en las regiones altiplánicas de Perú y Bolivia, encontrándose a los 3,860 m. La zona de mayor producción está concentrada al norte del Lago Titicaca.

Nombres Comunes. Quechua: kañiwa, kañawa, kañahua, kañagua, Kañagua, quitacañigua, ayara, cuchiquinua. Español: Kañihua, Cañihua, cañigua, cañahua, cañagua, kañiwa. Inglés: Kaniwa, canihua.

Variedades. Las principales variedades de esta especie son: La saihua, que es una planta erecta y la lasta que es del tipo semierecto. Sin embargo, se han identificado alrededor de 380 tipos en Puno y éstos se encuentran en etapa de evaluación.

Orígenes. Son inciertos; pero es casi seguro que es nativa de los Andes. Tiene una tendencia a encontrarse en el Altiplano, lo que puede explicar por qué se le utilizó en la agricultura andina. En época de la conquista se le utilizaba en mayor grado que en la actualidad.

Requerimiento de luz solar. Todos los genotipos investigados son indiferentes a las condiciones de luz solar. En un campo en Finlandia, 35 ecotipos (coleccionados de Puno, Perú) producen granos a una latitud de 60°49´N, y 5 ecotipos producen a 64°41´N.

Precipitación. La planta requiere de un ambiente húmedo en el período de crecimiento y es resistente a las sequías en su madurez. En esta etapa parece ser sensible a la excesiva humedad.

Altitud. Raramente es cultivada en zonas cuyas altitudes están por debajo de los 3,800 m.

Bajas Temperaturas. Esta especie es resistente al frío pudiendo germinar a temperaturas de 5°C y florecer a los 10°C. Las semillas maduran a los 15°C. Las plantas adultas son resistentes al frío nocturno.

Altas Temperaturas. En el Altiplano la temperatura media oscila entre 14 y 18 °C, pero la kañihua puede resistir ambientes relativamente cálidos, de alrededor de 25° C, si cuenta con la humedad necesaria.

Tipos de suelo. Debido a sus cortas raíces, se desarrolla en terrenos con capas delgadas y pudiéndose cultivar en suelos con un pH que varía entre los 4.8 a 8.5, mostrando cierta tolerancia a la salinidad.

Técnicas de Manejo. Los agricultores propagan las semillas sin seleccionarlas. Frecuentemente eligen los suelos donde anteriormente se cultivaron otros tubérculos. Las semillas también pueden ser sembradas utilizando equipos mecánicos.

Limitaciones y Enfermedades. Una de las principales limitaciones de este cultivo es el hecho de que la planta debe ser cosechada en varias oportunidades y la preparación de la semilla es un proceso laborioso. La planta es resistente a las enfermedades debido al ambiente donde ésta se desarrolla. Si se le saca de su hábitat ésta sucumbe a las pestes y enfermedades. Algunas pestes propias de la quinua han sido encontradas en la Cañihua. El daño hecho por insectos es mínimo.

Cosecha. La mayoría de las variedades toman alrededor de 150 días para alcanzar la madurez, aunque cierta variedad puede ser cosechada a los 95 días. En condiciones naturales se observa un rendimiento del orden de los 2,400 kg. De semilla por hectárea, aunque en ciertas zonas se han obtenido rendimientos de 5,000 kg/Ha.

Usos. Las semillas son generalmente tostadas y molidas para formar una harina marrón (kañihuaco) que es consumida con azúcar o añadida a sopas. También es usada

con harina de trigo en panes, tortas y budines.

Composición proximal y valor nutricional

El grano de cañihua presenta un elevado contenido de proteínas (15-19 por ciento) y, al igual que la quinua y kiwicha, una proporción importante de aminoácidos azufrados.

Compuesto	Cañihua amarilla	Cañihua gris	Cañihua hojuelas	Cañihua parda
Energía kcal	340	344	379	340
Agua g	12.0	12.4	8.1	12.2
Proteína g	14.3	14.0	17.6	13.8
Grasa g	5.0	4.5	8.3	3.5
Carbohidrato g	62.8	64.0	61.7	65.2
Fibra g	9.4	9.8	11.0	10.2
Ceniza g	5.9	5.1	4.3	5.3
Calcio mg	87	110	171	141
Fósforo mg	335	375	496	387
Hierro mg	10.8	13.0	15.0	12.0
Tiamina mg	0.62	0.47	0.57	0.67
Riboflavina mg	0.51	0.65	0.75	0.30
Niacina mg	1.20	1.13	1.56	1.45
Ácido ascórbico	2.2	1.1	00	0.0

Cuadro 3. Composición química variedades de cañihua por 100 g de porción comestible.

Fuente: Ministerio de Salud (1996).

CAPITULO 2

FIBRA DIETETICA

DEFINICIÓN

Actualmente, la definición más ampliamente aceptada con fines analíticos es la de Asp (1987), quién hace la definición de la fibra dietaria (dietary fibre) o fibra alimentaria, considerando aspectos fisiológicos, como polisacáridos, excepto almidón y lignina que son digeridos o absorbidos por el intestino delgado humano. En este aspecto hay una gran controversia centrada, fundamentalmente, en la exclusión de lignina e inclusión de proteína no digestible y almidón resistente. Por otro lado, la American Association of Cereal Chemist (2001) define: "la fibra dietética como la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre".

Herrera *et al.* (1998) añaden que las propiedades *in vitro* de los almidones resistentes sugieren que estos pueden comportarse *in vivo* efectivamente como fibra dietaria.

Se han formulado muchas definiciones de FD. Desde la primera de Trowell en 1872 hasta la actualidad. De todas ellas destacan una, la de Trowell y colaboradores en 1976 quienes definen la FD como: Todos los polisacáridos y lignina de la dieta que no son digeridos por las secreciones endógenas en el tracto digestivo humano (Periago *et al.,* 1993; Hernández *et al.,* 1995 y Redondo y Ordóñez, 1996).

Rascón y López (1998) indican que existe evidencia convincente acerca del papel protector que confiere el consumo de frutas y vegetales, probablemente debido a su contenido de fibra y carotenos.

Tradicionalmente, se ha considerado que la fibra tiene valor energético nulo. No obstante, su fermentación en el colon produce energía. Una parte de esta energía se pierde en producción de gases y masa bacteriana fecal. Pero una cantidad importante procedente de la absorción de los ácidos de cadena corta producidos en el proceso es energía asimilable metabólicamente. El valor neto de energía de la fibra depende de su grado de fermentabilidad y suele estar entre 1 y 2.5 Kcal/g (Saura-Calixto y Larrauri, 1996).

Con respecto a la exclusión de la proteína resistente. Hernández *et al*. (1995) indican que la digestibilidad de proteínas está influida por factores como el procesado, por ello, es necesario previamente saber si dicha fracción forma parte de la pared celular y si es indigestible también *in vivo.*

La fibra dietética es sólo una parte del total de sustratos que llegan al colon y mantienen la flora bacteriana y el proceso fermentativo. Los compuestos que forman parte de la fracción no digerida son de origen dietético y endógeno, incluye carbohidratos

(almidón resistente, fibra dietética, azúcares-alcohol y oligosacáridos) y componentes nitrogenados (proteína resistente, enzimas, urea) y otros (polifenoles, mucus, bacterias y células epiteliales de deshecho) (Cummings y Mcfarlane, 1991).

El termino de almidón resistente fue introducido por Englyst *et al.* (1982) citado por Hernández *et al.* (1995) quienes indican que el almidón previamente solubilizado por hidróxido de potasio o dispersado por dimetilsulfoxido (DMSO), es resistente a la hidrólisis enzimática. La cantidad de almidón resistente depende de cómo se haya procesado y de la manipulación de la muestra antes del análisis. Por tanto, la inclusión del almidón resistente dentro de la fibra dificultaría la construcción de tablas de alimentos; podría también manipularse el contenido de fibra de alimentos ricos de almidón en función del método del procesado y se desestimara el verdadero valor de fibra como componente de los alimentos. Sin embargo, dado su carácter indigestible y sus efectos fisiológicos similares a los de otros polisacáridos de la fibra, algunos autores proponen su inclusión.

Conviene señalar que la fibra dietaria no es equivalente a fibra cruda. El termino fibra cruda, empleado por químicos, agrícolas y nutricionistas, expresa el contenido de fibra de los alimentos, definido como el residuo que queda después de la extracción bajo condiciones especiales de laboratorio: acción de ácidos, álcalis, agua, alcohol u otros métodos de extracción, donde la mayor parte del residuo está constituido por celulosa, hemicelulosa y lignina, perdiéndose otros componentes dietéticos tales como la pectina, gomas y mucílagos (Ramírez, 1985). Con este método se subvaloran en forma importante el contenido de fibra insoluble y no mide la fibra soluble (Pak, 2000); esto es referido por Badui (1995) quien señala que, en términos generales, el procedimiento de determinación provoca la pérdida de 70 a 80 % de la hemicelulosa, de 30 a 50 % de la celulosa y hasta 90 % de la lignina; algunos autores consideran que es hasta seis veces la subestimación de la fibra dietaria cuando se determina fibra cruda.

CLASIFICACIÓN

La fibra consta de dos fracciones (insoluble y soluble en agua) y sus propiedades vendrán determinadas por los porcentajes de estas fracciones. La fibra insoluble es escasamente fermentada y tiene un marcado efecto laxante y regulador intestinal, mientras que la fibra soluble es fermentada en alta proporción y sus principales propiedades se relacionan con la disminución del colesterol y glucosa en la sangre y desarrollo de la flora intestinal (Mudgil y Barak, 2019; Tungland y Meyer, 2002; Dhingra et al., 2012; Saura-Calixto y Larrauri, 1996).

Periago *et al.* (1993) y Hernández *et al.* (1995) señalan que la FDS incluye sustancias, algunas hemicelulosas, polifenoles solubles, gomas, mucílagos y proteínas. La fracción de FDS es variable, existiendo altas proporciones en algunas fuentes de fibra como las frutas, las hortalizas y las legumbres. La FDI incluye celulosa, hemicelulosa, ligninas, taninos, proteínas, cutina, cera, productos de Maillard y almidón resistente. Estas predominan en las hortalizas, verduras, leguminosas frescas y en los granos de cereales.

Para que la fibra sea lo más completa posible en sus propiedades debe tener una composición equilibrada en fracción soluble e insoluble. Los cereales son ricos en fibra insoluble, mientras que las frutas y leguminosas contienen, especialmente las primeras,

una mayor proporción de fibra soluble (Saura-Calixto, 1993).

REQUERIMIENTO

Periago *et al*. (1993) mencionan que los requerimientos de FD no deben ser aplicables en la dieta destinada a niños en crecimiento o personas ancianas, ya que los distintos componentes de FD pueden considerarse como factores antinutritivos de los alimentos al asociarse con minerales principalmente cationes divalentes interfiriendo en su absorción gastrointestinal y por tanto en su biodisponibilidad.

La FD tiene un valor terapéutico en el tratamiento de enfermedades coronarias. Se recomienda un consumo de fibra de 20-35 g/día o 10-13 g/1.000 Kcal. Para personas adultas sanas, de los cuales al menos el 30 % debería ser de fibra soluble (Periago *et al*., 1993; Larrauri *et al.,* 1994; García *et al*., 1995 y Bernalte *et al*., 1995).

PROPIEDADES QUÍMICAS

Los componentes de la fibra dietaria se pueden clasificar en tres grupos: componentes de la pared celular de los vegetales, polisacáridos utilizados como aditivos alimentarios y compuestos asociados a la fibra (Hernández *et al*., 1995).

Hernández *et al*. (1995) señalan que el conocimiento de los constituyentes que podrían formar parte de la FD permite apreciar su complejidad y diversidad y por tanto los problemas experimentales que supone su análisis. Los componentes de las paredes celulares vegetales se pueden dividir en polisacáridos estructurales (celulosa, sustancias pécticas y hemicelulosa) y compuestos estructurales no polisacáridos (fundamentalmente lignina y proteína) (Van Horn et al, 2001)

A continuación, se resume los componentes más importantes de la FD, sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales así como el posible papel fisiológico en el intestino.

Celulosa

La celulosa se compone de restos de β-glucopiranosa unidos por enlace (1,4). Las cadenas están probablemente algo plegadas, de tal modo que pueden establecerse puentes de hidrogeno entre O-4 y el O-6, así como entre el O-3 y el O-5 (Belitz y Grosh, 1997).

Hernández *et al*. (1995) menciona que la celulosa es un polímero lineal de alto peso molecular formado por unidades de D-glucosa unidas por enlaces β-(1,4), unión glucídica que proporciona a la celulosa una configuración extendida y rígida. Varias cadenas de celulosa pueden unirse entre si formando haces que constituyan micro fibrillas, estructuras cristalinas de gran resistencia mecánica. De aquí, su función estructural en la mayoría de las paredes vegetales. La celulosa es un compuesto de los divalentes: es resistente a la acción de la mayoría de los reactivos químicos y su hidrólisis solo se consigue con ácidos muy concentrados (HCl y H_2SO_4) a elevadas temperaturas o mediante degradación enzimática.

Es muy difícil de aislar, ya que en las paredes celulares está unida a hemicelulosas, ligninas, sustancias pécticas, taninos y otras moléculas de carácter fenólico. Los contenidos de celulosa de las frutas y hortalizas son de 20 y 31 % respectivamente, mientras que para cereales es de un 17 % (Mudgil y Barak, 2019; Periago *et al.*, Hernández *et al.*, 1993 y, Redondo y Ordoñez, 1996).

Hemicelulosa

Rojas (1997) señala que la mayoría de las hemicelulosas son heteroglicanos que contiene 2-4 (y raramente 5-6) diferentes tipos de residuos glucosídicos y ácidos urónicos.

Hernández *et al*. (1995), señalan que la hemicelulosa junto con la celulosa constituyen los polisacáridos mayoritarios de la pared celular. Los principales azucares que constituyen la hemicelulosa son de la serie D, xilosa, galactosa, manosa, glucosa, ácido galacturónico y la serie L, arabinosa, ramnosa y mucosa (Dhingra et al. 2012). Los mismos autores mencionan que su extracción y análisis son muy difíciles, ya que las condiciones han de ser suficientemente fuertes como para romper los enlaces con otros polímeros, como lignina, y suaves para evitar su degradación, por ello, se extraen con disoluciones acuosas alcalinas de concentración variable. Los polisacáridos que constituyen la hemicelulosa se recuperan de las disoluciones alcalinas por precipitación con etanol o acetona. Redondo y Ordoñez (1996), indican que se han reportado alrededor de 250 tipos de hemicelulosas en la naturaleza, desde el punto de vista fisiológico, parece que existe una correlación positiva entre el contenido de pentosas de la fibra dietética total y el número del peso de las heces.

Sustancias Pécticas

Las sustancias pécticas constituyen un grupo heterogéneo de polisacáridos complejos de naturaleza ácida. Atendiendo a su diferente composición en azúcares, grado de esterificación con metanol y de polimerización, etc. Los que se traducen en diferente solubilidad y propiedades, las sustancias pécticas han sido clasificadas por la American Society en: protopectinas, ácidos pectínicos, pectinas y ácido péctico. Las primeras son totalmente insolubles en medio acuoso, mientras que las restantes son total o parcialmente solubles en este medio (Serra *et al.*, 1992).

Las pectinas están formadas fundamentalmente por restos de ácido α-D-galacturónico unidos por enlaces (1,4). La cadena principal posee segmentos que contienen abundantes restos de L-ramnosa. En pequeñísimas cantidades se encuentran también presentes D-galactanos, L-arabinanos y arabinogalactanos unidos a enlace covalente al galacturonano. Los grupos carboxilo de los restos galacturónicos están esterificados en diferente proporción con metanol y los grupos OH de las posiciones 2 y 3 pueden estar acetilados en pequeña cantidad (Belitz y Grosch, 1997).

La pectina es altamente soluble en agua y capaz de formar geles con agua y ácido en condiciones adecuadas, tienen elevada capacidad para captar agua, asimismo, pueden fijar acidos biliares y cationes (Chen et al. 2015; Rojas, 1997). Generalmente, la pectina no se despolimeriza ni desmetoxila en las condiciones del estómago y el intestino delgado, ya que no hay enzimas despolimerizantes de pectina presentes en la parte superior del tracto gastrointestinal, pero parece posible una degradación parcial (Dongowski et al., 2002).

Lignina

Hernández *et al*. (1995), indican que la lignina se encuentra en las células formando incrustaciones. Son macromoléculas heterogéneas que forman polímeros tridimensionales por copolimerización oxidativa de alcoholes de la serie fenilpropano: alcohol cumarílico, alcohol coniférico sinapílico. En la naturaleza se pueden encontrar tres tipos de ligninas: lignina de angiospermas, formadas por la polimerización de alcohol coniferílico y sinapílico; ligninas leñosas, formadas por alcohol coniferilico; y ligninas herbáceas que son polímeros de los tres alcoholes precursores, Periago *et al*. (1993) señalan que la lignina contiene componentes fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas. Representa la parte hidrofóbica de la fibra dietética el contenido promedio de lignina en hortalizas crudas, cereales y frutas es de 3.7 y 17 % respectivamente, siendo su contenido especialmente alto en frutas y semillas comestibles (por ejemplo, fresas frambuesas y moras) y vegetales maduros (Escudero y González, 2006). Hernández *et al*. (1995) reportan que las operaciones de extracción, incluso las más suaves, modifican sus propiedades fisicoquímicas, obteniéndose las llamadas ligninas de extracción. Según el método de extracción se pueden obtener ligninas de extracción solubles e insolubles, como lignina Klason (obtenida por solubilización de los polisacáridos de la pared celular con H_2SO_4) o lignina Purve (obtenida por el tratamiento con periodato) tienen propiedades fisicoquímicas diferentes a las ligninas solubles como la lignina dioxano clorhídrico, los β-glucanos y β-heteroglicanos de la pared celular se clasifican de acuerdo a sus características estructurales, distribución y propiedades.

Polifenoles

Periago *et al*. (1993) y Hernandez *et al*. (1995) indican que otros componentes de la pared celular de los vegetales pueden ser parte de la FD como: polifenoles, cutina, suberinas, ceras, mucílagos, y gomas vegetales. Asimismo, tenemos a los compuestos asociados a la FD como: almidón resistente, proteína resistente, compuesto de reacciones de Maillard, oligosacáridos no digeribles y sales de ácido fítico. Estos compuestos llegan hasta el colon y producen efectos similares a los producidos por los polisacáridos de la pared celular.

PROPIEDADES FÍSICAS

La fibra consta de dos fracciones (insoluble y soluble en agua) y sus propiedades vendrán determinadas por los porcentajes de estas fracciones. La fibra insoluble es escasamente fermentada y tiene un marcado efecto laxante y regulador intestinal, mientras que la fibra soluble es fermentada en alta proporción y sus principales propiedades se relacionan con la disminución del colesterol y glucosa en la sangre y desarrollo de la flora intestinal (Midgil y Bark, 2019; Saura-Calixto y Larrauri, 1996).

Los progresos sobre el conocimiento de la acción de los distintos tipos de fibras en el aparato digestivo han venido de la mano, sobre todo. De la caracterización de sus propiedades físicas. Dentro de las propiedades físicas de la FD se encuentra: degradación bacteriana, capacidad de retención de agua, formación de soluciones viscosas, capacidad

de absorción de moléculas orgánicas y capacidad de intercambio catiónico, que probablemente son más útiles que su detallada composición química (Pennachiotti, 1989; Hernández *et al*., 1995 y Gallaher y Schneeman, 1997). A continuación, indicaremos las propiedades físicas más importantes de la FD.

Fermentación de la fibra

Según Saura-Calixto (1993) el proceso de fermentación de la fibra tiene gran importancia porque sirve para mantener la flora microbiana y el equilibrio de las mucosas, al tiempo que produce un efecto hipocolesterolémico. López *et al*. (1997) mencionan que hay dos características que determinan el grado de fermentación: la estructura y la naturaleza de los componentes individuales de la fibra. Las fibras solubles son sustratos más adecuados para la fermentación que las fibras insolubles en las que la penetración de las bacterias no ocurre tan fácilmente, dificultándose su ruptura. La FD es fermentada en el colon por las bacterias pertenecientes a los géneros *Bacteroides, Eubacterium. Bifidobacterium y Peptostreptococus* (Brownlee, 2011). La degradación de los hidratos de carbono no disponibles en el intestino delgado se lleva a cabo principalmente por el género *Bacteroide* produciendo ácidos grasos de cadena corta (propiónico, butírico y acético) y gases (CO_2, H_2, CH_4 y H_2S) (Eswaran et al., 2013). Hernández *et al*. (1995) señalan que la fibra forma una matriz en el tracto gastrointestinal que llega al intestino grueso donde sus componentes sufren una degradación selectiva, por acción de enzimas y bacterias anaerobias, transformando los polisacáridos en monosacáridos.

Capacidad de retención de agua

La fibra está compuesta por redes de polisacáridos interconectados a través de diferentes tipos de enlaces, incluidos enlaces de hidrógeno, interacciones electrostáticas y dipolares, atracciones de Van der Waals, para formar una matriz de fibra, estas carateristicas promueven la hidratación (Chiewchan, 2018).

Hernández *et al*. (1995) señalan que cuanto mayor sea la CRA de una fibra, mayor será el aumento de peso de las heces y menor el tiempo de tránsito intestinal lo que provocará menor absorción de nutrientes. La CRA, además de la solubilidad, hinchamiento y viscosidad de la FD en los alimentos están determinadas fundamentalmente por su contenido de pectinas, gomas, mucílagos y hemicelulosas solubles, mientras que la celulosa, hemicelulosa insoluble, lignina y otros componentes relacionados con la fibra tienen una influencia limitada sobre estas propiedades.

Esta diferencia es debida al mayor número de polisacáridos con grupos funcionales libres en los residuos de azucares. Por esta razón, los alimentos ricos en fibra soluble como las frutas y verduras presentan mayor capacidad de hidratación que los cereales (Gallaher y Schneeman, 1997). La capacidad de retención de agua (CRA) es la parte más apreciada de la FD que representa la facultad de conservar el agua en el interior de su matriz (Saura-Calixto, 1993 y Gallaher y Schneeman, 1997).

Adsorción de moléculas orgánicas

López *et al.* (1997) indican que esta propiedad se basa en la capacidad que poseen algunos componentes de la fibra para unir determinadas sustancias en el intestino como ácidos y sales biliares, colesterol, drogas, compuestos tóxicos carcinogenéticos (Chiewchan, 2018). La lignina, la pectina y la goma guar, son componentes de la fibra con mayor capacidad de unir moléculas orgánicas *in vitro.* Los mismos autores mencionan que se sabe que la FD puede unir ácidos biliares, lo que limita su absorción en el intestino delgado y permite su excreción en las heces. Debido a esta propiedad diversos estudios se han centrado en el papel desarrollado por diferentes fuentes de fibra tales como: la reducción del nivel de colesterol en la sangre y el efecto preventivo frente a diferentes enfermedades cardiovasculares. En estudios *in vitro* e *in vivo* algunos cereales y verduras tales como: el centeno, trigo, avena, repollo, zanahoria y cebolla, así como las pectinas demostraron capacidad de unir ácidos y sales biliares. Redondo y Ordoñez (1996) señalan que la absorción de la grasa en el intestino depende de la formación de micelas; se ha sugerido que la digestión de la grasa de estas micelas por la lipasa pancreática puede ser modificada por la FD y, por tanto; puede manipularse en alguna extensión la absorción normal de la grasa.

Formación de soluciones viscosas

Las fibras solubles muestran una conducta seudoplástica. Las gomas debido a su elevada viscosidad son sustratos que retardan en gran medida la absorción de nutrientes. La acción combinada de las características de la fibra y condiciones que se establecen en el medio intestinal durante la digestión, posibilitan la reducción de los niveles de glucosa postpandrial en la sangre, cuya medida se realiza mediante el índice de glucemia, que indica el incremento relativo de los niveles de glucosa en la sangre (Hernández *et al.*, 1995 y López *et al.*, 1997). Gallaher y Schneeman (1997) mencionan que algunos grupos de fibras dietéticas pueden formar soluciones de gran viscosidad tales como: las pectinas, las gomas, los β-glucanos y los polisacáridos de las algas (agar y carragen). Dentro de cada grupo, la viscosidad depende de la estructura química del compuesto: por ejemplo, la viscosidad depende de la pectina depende en gran medida tanto del peso molecular como del contenido de esteres de metilo: la disminución de uno u otro reducirá su viscosidad (Chiewchan, 2018)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

López *et al.* (1997) indican que la reducción de la biodisponibilidad de algunos minerales y electrolitos debido a su adsorción y eliminación por las heces, constituye uno de los efectos adversos atribuidos tradicionalmente a la FD. Los grupos carboxílicos presentes en los ácidos urónicos de los polisacáridos son los principales responsables de estos efectos. Las pectinas presentes en las frutas y hortalizas son los polisacáridos con mayores números de carboxílicos, aunque también presentes en las hemicelulosas y proteínas asociadas a la fibra. Otros grupos funcionales que participan en la capacidad de intercambio catiónico de la fibra son los grupos hidroxílicos de los polisacáridos neutros y el ácido fítico a través de grupos fosfóricos. También se ha descrito la unión de determinados

minerales a la lignina, compuestos fenólicos y productos de la reacción de Maillard.

ASPECTO FISIOLÓGICO

Según Pennacchiotti (1989), señala que la incidencia de ciertas enfermedades, tales como: constipación, diverticulosis, cáncer de colon, enfermedades arteriocoronarias, ateroesclerosis asociadas con la hipercolesterolemia, era inferior en los países en vías de desarrollo de África, en comparación con los países desarrollados, por lo que sugirieron que algunos componentes de los alimentos podrían ser responsables de ello, lo atribuyeron al menor consumo de fibra dietaria en estos últimos países, en contraste con la ingesta de fibra en los países en desarrollo.

La FD influye en diversas acciones fisiológicas como la de ser un regulador intestinal, actuar como laxante, ser factor preventivo del cáncer al colon, absorber ácidos biliares, retardar la absorción intestinal y ser un factor que favorece la disminución del colesterol y la glucosa en la sangre (Periago *et al.,* 1993; Saura-Calixto y Larrauri, 1996 y Redondo y Ordoñez, 1996). Los efectos fisiológicos más importantes producidos por la FD se detallan en el Cuadro 4.

Sensación de saciedad. Menor ingesta de alimentos.
Regulación intestinal.
Disminución de tiempo de tránsito intestinal de los alimentos.
Control de estreñimiento. Aumento de la excreción.
Disminución de la velocidad de absorción intestinal de glucosa.
Disminución de niveles de colesterol sanguíneo.
Disminución del contenido calórico de la ingesta.
Mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana intestinal.
Mayor excreción de grasa y proteína.
Factor preventivo de cáncer intestinal.

Cuadro 4: Efectos fisiológicos atribuidos a la fibra dietética.

Fuente: Saura-Calixto y Larrauri (1996)

Prevención del cáncer intestinal

Redondo y Ordóñez (1996) mencionan que los hábitos alimenticios pueden jugar un papel importante en el cáncer al colon, ya que diversos estudios experimentales y epidemiológicos los han asociado. El consumo de FD se ha relacionado directamente con la reducción del riesgo de diversos procesos cancerigenos del tracto gastrointestinal.

Periago *et al.* (1993) y Parra-Cabrera *et al.* (1994) Indican, que la acción protectora de la FD en el cáncer de colon, puede depender de varios factores entre los que destacan el tipo de fibra (soluble e insoluble) y su diferente función dentro del tracto digestivo; la composición química de la fibra y su capacidad de unión con carcinógenos y la reducción del tiempo de tránsito intestinal es lo que permite una menor exposición y formación de sustancias carcinógenas que se pueden formar a partir de los residuos de alimentos.

Parra-Cabrera *et al.* (1994) señalan que al evaluar las características del cáncer gástrico hasta el momento no ha sido posible identificar con certeza un factor, agente o mecanismo responsable de esta enfermedad, pero existe evidencia respecto a que algunos aspectos de la dieta se encuentran fuertemente involucrados en su etiología. El factor dietético protector contra el cáncer gástrico, se relaciona con el consumo de frutas y verduras frescas, en general y en particular con el ácido ascórbico y los β-carotenos.

Propiedades laxantes

Redondo y Ordóñez, (1996). Reportan que las FDI tienen altos efectos al ser fermentada en el colon por la microflora allí existente; los productos de degradación pueden contribuir al ablandamiento de las heces al ejercer un efecto osmótico. El salvado de trigo es una fuente muy utilizada de FD; ha sido aceptado ampliamente como un buen laxante y se ha utilizado, por tanto, para el tratamiento del estreñimiento y otros desordenes del intestino grueso. La FD ocasiona un aumento de la masa fecal y reduce el tiempo de tránsito y la irritación de las paredes intestinales al paso de las heces; es todavía una de las propiedades de la FD más ampliamente reconocida por los consumidores. La propiedad laxante producida por la fibra esta en relación con características como la fermentación y la capacidad de retención de agua.

Efectos hipocolesterolémicos

Li y Kaneko (2003) mencionan otro posible mecanismo al encontrar γ-tocotrienoles en avena, cebada y salvados de arroz, siendo estos potentes inhibidores en la síntesis del colesterol endógeno.

Bastardo (2001) utiliza ratas Wistar machos y hembras para evaluar el efecto del afrecho de trigo sobre las concentraciones séricas de triglicéridos (TG), colesterol total (CT), LDL y HDL. El estudio se dividió en dos periodos: periodos de acondicionamiento (10 días) y periodo experimental (45 días), recibiendo los grupos controles una dieta normocalórica y los tratados una dieta hipercalórica, hipergrasa, hipoproteica e hipoglucídica, suplementada con 25 g de afrecho de trigo por 100 g de muestra. Los resultados muestran que el afrecho de trigo indujo reducción de los TG séricos en las ratas hembras manteniéndose en niveles bajos por 30 días, mientras que el grupo de machos mantuvo las concentraciones estables. El CT y el LDL descendieron significativamente en las ratas machos y hembras. Las concentraciones de HDL solamente disminuyeron en las ratas de sexo masculino. Estos resultados sugieren que el afrecho de trigo modifica las concentraciones de lípidos séricos en las ratas adultas y que la respuesta está relacionada con el sexo.

Nishimura (2000), reporta el efecto hipocolesterolémico de la fibra dietaria extraída de vegetales inmaduros: betarraga (BF), col (CF), rabanito (RF), cebolla (OF) y germinados de mung bean (MF), compara dicho efecto con fibras solubles: pectina (PE) y goma guar (GG) y como control usa una típica fibra insoluble: celulosa (CL). Su estudio lo realizó en un periodo de 21días con ratas machos, alimentados con una dieta suplementada con el 5–10 % de dichas fibras. Encuentra una disminución significativa de niveles de colesterol en ratas alimentadas con suplemento de BF, CR, RF, MF, PE y GG; así como cantidades elevadas de ácidos grasos de cadena corta (SCFA): acetato, propionato y butirato. La reducción del

colesterol total, las encuentra tanto en las fracciones HDL como las VLDL/LDL. También se encontró grandes cantidades de SCFA totales en ratas alimentadas con suplemento de fibra: BF, RF y GG a diferencia del grupo de CF. En el grupo PE, se caracterizó por producir grandes cantidades de propionato. Estos autores sostienen que existe una importante relación entre la composición química de la fibra dietaria y el efecto hipocolesterolémico hallando un coeficiente correlación negativo para el contenido de hemicelulosa y pectina con el nivel de colesterol. También afirman que el colon es un órgano muy importante para el efecto hipocolesterolémico y que los productos de la fermentación colónica son los responsables de este efecto, así como que dichos productos dependen de la composición de la fibra, reportando una correlación negativa (-0.334) entre la concentración de acetato y niveles de colesterol. Sin embargo, otros estudios demuestran que no existe relación entre la producción de SCFA y niveles de colesterol, al experimentar dietas suplementadas con propionato (inhibidor de la síntesis de colesterol) o con arabinogalactano (fibra altamente fermentable), los cuáles no disminuían los niveles de colesterol.

Efectos hipoglucémicos

Alvarado (1999) reporta el efecto del residuo industrial de tomate (RIT), sobre la respuesta glicémica y niveles de colesterol sérico en ratas, al ser este un subproducto rico en fibra (50 %) comprueba que la presencia de RIT en la comida de prueba (263 g RIT/ Kg. dieta), aplana la curva de respuesta glicémica al alimento, y además demuestran que el colesterol total sérico disminuye proporcionalmente cuando aumenta el consumo de fibra del residuo industrial de tomate, sin embargo, la reducción en el colesterol sérico total no estaba asociada con la disminución del colesterol HDL.

Cameron-Smith (1994) reporta la disminución de la glicemia postprandial en relación con la viscosidad del contenido gastrointestinal (GI) ocasionada por diferentes tipos de fibras solubles e insolubles. Este autor compara las viscosidades del contenido GI al alimentar a ratas por dos semanas con una dieta con alto contenido de carbohidratos la cual contiene 70 g. de fibra soluble (goma guar, goma xantana o metilcelulosa) / Kg o 70 g de fibra insoluble (salvado de trigo) / Kg después de ser administrada oralmente una dieta con 0.25 g carbohidratos / Kg de peso, se observó un aumento de la glicemia que se mantiene por 60min, el cual va disminuyendo después de este periodo. La dieta que contenía goma xantana induce a una mayor disminución de la glicemia postprandial, lo contrario ocurrió con la dieta suplementada con salvado de trigo.

Disminución de la biodisponibilidad de los minerales

Periago *et al.* (1993) indican que existe la teoría de que la FD tiene capacidad de captar iones divalentes, lo cual constituye un efecto negativo en la biodisponibilidad de determinados oligoelementos en el organismo. El hecho de que determinadas hortalizas ricas en FD puedan ser capaces de unir iones metálicos en su superficie puede modificar considerablemente el balance mineral de la dieta. Aunque este depende directamente de la estructura química. La FDS parece tener más capacidad para captar los cationes divalentes que la FDI, pero su degradación en el colon permite la liberación y absorción de los minerales.

Además de la posible intervención de la FD en la reducción de la biodisponibilidad de los minerales de la dieta, existen otras sustancias tales como: los fitatos y oxalatos que actúan reteniendo minerales y cuya presencia en los alimentos pueden tener los mismos efectos que la FD.

METODOS DE DETERMINACION

García *et al.* (1995) reportan que los métodos de análisis de la fibra dietética se pueden clasificar en 3 grupos: métodos gravimétricos (fibra bruta, fibra detergente acida y fibra detergente neutra); enzimático-gravimétricos (fibra insoluble, soluble y total) y químicos (polisacáridos no-almidón).

Hernández *et al.* (1995) señalan que la FD es un importante parámetro nutricional, por lo que es necesario el desarrollo de métodos analíticos adecuados para la industria y organismos oficiales. En estos casos son necesarios métodos rápidos que determinen la fracción de la fibra soluble e insoluble. Paralelamente, es importante desarrollar métodos más laboriosos para determinar los componentes individuales de la fibra, que, correlacionados con los anteriores, permitan evaluar sus efectos fisiológicos.

En el Cuadro 5 se observa como fue evolucionando el concepto de fibra y la forma como se cuantifica por diferentes métodos.

Términos	Forma de cuantificación	vigencia	Autor.
Fibra cruda	Residuo tratamiento con álcali y ácido.	1864 – 1970	Hennenber
Fibra detergente	Residuo tratamiento con detergente acida y neutra.	1970 – 1980	Van Soest.
Fibra dietética[1]	Residuo tratamientos enzimáticos.	1980	Trowell
Complejo fibra o fracción indigestible[2]	Residuo tratamientos enzimáticos.	1990	Varios

Cuadro 5: Evolución del concepto de fibra y su forma de cuantificación.

1: Polisacáridos excepto almidón, mas lignina.

2: Polisacáridos, lignina y otros componentes indigestibles.

Fuente: Saura-Calixto y Larrauri (1996).

Método enzimático gravimétrico

El método de Prosky *et al.* (1984) citado por Hernández *et al.* (1995) mencionan que es un método de determinación de fibra total que, sometido a un estudio ínter laboratorio, fue adoptado por la AOAC como método oficial en 1990 para determinar la fibra dietética total. Muestra buena precisión inter e intralaboratorios, excepto para muestras con un contenido en fibra inferior a 1.5 % posteriormente se ha modificado para obtener valores de fibra soluble e insoluble.

Hernández *et al.* (1995) indican que en la actualidad se han desarrollado nuevos métodos enzimatico-gravimétricos para la determinación de fibra dietética que incluyen la fibra soluble. La inclusión de la fracción de fibra soluble se consigue mediante la precipitación

con etanol al 78-80 %, aunque en estas condiciones pueden coprecipitar también proteínas, azucares, sales solubles y almidón. En la determinación de la fibra total, la precipitación de fibra soluble se realiza antes de filtrar o centrifugar la suspensión obtenida tras los tratamientos enzimáticos. Por lo contrario, si se quiere cuantificar por separado la fibra soluble e insoluble, primero se realiza la filtración o centrifugación de la fibra insoluble y, en el sobrenadante, se precipita y separa la fibra soluble. Las principales diferencias entre los distintos métodos existentes son la realización o no del tratamiento de la fibra y las enzimas que utilizan, sobre todo en la hidrólisis de proteínas. Numerosos métodos utilizan enzimas digestivos, pepsina y pancreatina. Basándose en el interés que supone definir la fibra desde el punto de vista fisiológico. Otros métodos utilizan una proteasa, para acelerar el proceso hidrolítico y evitar la pérdida de compuestos ácidos-lábiles que supone la utilización de pepsina.

APLICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA

La aplicación de la fibra dietética es importante en la dieta humana, existiendo dos posibilidades: aumentando su consumo, sin grandes cambios en los hábitos alimentarios y con productos elaborados tales como: alimentos enriquecidos, preparados dietéticos y farmacéuticos (Redondo y Ordoñez, 1996 y Saura-Calixto y Larrauri, 1996).

Fracciones de la fibra

En general la FDS tiene la propiedad fundamental de espesar o aumentar la viscosidad de los alimentos. Se utiliza como agente gelificante, estabilizante, emulsificante, formadores de películas e inhibidor de la cristalización y entre otras cosas aplicaciones. La FDI tiene funcionalidad limitada en su estado nativo, su fuente más común es la pared celular de las plantas. (Larrauri, 1994).

Componentes de la fibra

A continuación, se detalla la tecnofuncionalidad de algunos componentes de la FD en los alimentos, según Larrauri (1994):

Celulosa

Su tecnofuncionalidad depende de la longitud de la cadena de polisacáridos, grado de cristalinidad y tipo de modificación química. La celulosa de fibras largas se emplea para atrapar grasa y agua en carnes y conservas y para espesar salsas.

Hemicelulosa

La fracción insoluble está asociada a efectos positivos en los parámetros de los dulces como, por ejemplo: volumen y frescura; además tiende a reducir la velocidad de envejecimiento de los panes.

Lignina

Tiene propiedades antioxidantes. En el aceite de maíz es tan efectivo como el α-tocoferol en la estabilización del valor de peróxido, esto se debe a que presenta una estructura derivada del ácido fenólico.

Pectina

Ayala, 1987 citado por Pennachiotti (1989) señala que una de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas es la formación de gel. Asimismo, Periago *et al.* (1993) indican que las pectinas forman geles termo reversibles a pH 3, y en presencia de iones calcio u otros iones divalentes se hacen insolubles en agua, cuando alcanzan la temperatura de ebullición se sustrae de los tejidos vegetales formando un gel tras su enfriamiento.

Gomas y mucílago

Ayala, 1987 citado por Pennachiotti (1989) indica que las gomas y mucílagos tienen las propiedades fisicoquímicas de la unión con cationes y la unión con ácidos biliares. Por otro lado, Periago *et al.* (1993) mencionan que las gomas en los alimentos aparecen como constituyentes naturales o bien como aditivos, ya que su utilización en la industria alimentaria está ampliamente extendida al utilizarse como gelificantes y estabilizantes. Compuestos bioactivos asociados a la fibra mejora la calidad en el aspecto fisiológico de la fibra porque muchos de estos compuestos tales como los polifenoles tienen propiedades antioxidantes de gran interés dentro de la comunidad científica.

COMPUESTOS BIOACTIVOS ASOCIADOS A LA FIBRA DIETÉTICA

Evidencias epidemiológicas y clínicas indican una asociación entre dietas ricas en frutas y vegetales y la disminución en el riesgo de morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades degenerativas. La influencia positiva de tales dietas es atribuida a que estos alimentos pueden suministrar una mezcla óptima de fitoquímicos, tales como antioxidantes naturales, fibra y otros compuestos bióticos (Kaur y Kapoor, 2001).

La principal fuente de antioxidantes naturales son las frutas y vegetales los cuales contienen compuestos fenólicos en abundancia. Estos compuestos están estrechamente asociados con el color y sabor de los alimentos de origen vegetal, así como con su calidad nutricional por sus propiedades antioxidantes comprobados (Martinez-Valverde, 2000).

Por otra parte, el rol como antioxidante de la fibra dietética, ha sido estudiado en algunas frutas, presentando las frutas cítricas un alto contenido de compuestos fenólicos, fibra dietética, ácido ascórbico y algunos minerales que son efectivos antioxidantes nutritivos. Así como también compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos sobre la salud, tales como la fibra, y los polifenoles en especial los flavonoides. Los flavonoides y compuestos fenólicos están ampliamente distribuidos entre las plantas vasculares y se encuentran en numerosas frutas, granos, vegetales y otras partes de las plantas, se ha demostrado que tienen una variedad de funciones fisiológicas y farmacológicas (Lien et

al., 1999).

Los flavonoides y otros fenoles tienen actividad antioxidante significativa con respecto a las vitaminas C y E. La actividad antioxidante de estos componentes de diversos grupos depende de la estructura individual y número de grupos hidroxilo. La protección de LDL contra la oxidación no es debido a un simple compuesto polifenólico, es el resultado de la acción de diversos constituyentes polifenólicos. La composición de las propiedades físicas y químicas de antioxidantes fenólicos individuales afecta fuertemente su actividad antioxidante. Además, estas moléculas podrían tener un efecto sinergístico o antagonista cuando están presentes en mezclas complejas (Richelle *et al*., 2001).

Estudios *in vitro, in vivo* y epidemiológico ha demostrado que el consumo moderado del vino tinto reduce la susceptibilidad de plasmas humanas LDL a peroxidación de lípidos y está asociado con la reducción de enfermedades coronarias del corazón. Estos efectos son principalmente atribuidos a los antioxidantes y a la actividad antioxidante de los fenólicos del vino (Saura-Calixto, 1998).

Los flavonoides son componentes polifenólicos de peso molecular bajo que están ampliamente distribuidos en vegetales y frutas. Muchos flavonoides, tal como: la kampferol, la quercitina, la luteolina, la mirecitina, la eridictiola y la catequina, han demostrado tener propiedades antioxidantes, antiinflamatorio, antialérgica, anticancerígeno y antihemorrágico (Wang *et al.,* 1996).

La actividad antioxidante varía en función del grupo de compuesto estudiados y de su fase acuosa o lipídica. Existiendo diversos métodos cuyos resultados son difíciles de comparar; sin embargo, la mayoría de los estudios científicos utilizan el Trolox (6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametileroman-2-carboxílico) como patrón, sustancia que se caracteriza por ser un análogo hidrosoluble de la vitamina E (Lien *et al*., 1999). Según Wang *et al.* (1996) que se han desarrollado en años recientes métodos diversos para evaluar la actividad antioxidante de muestras biológicas; por ejemplo, en el estudio de la actividad antioxidante de frutas y jugos de frutas se empleó el método de capacidad de absorción de radicales libres (ORAC).

La actividad antioxidante expresada en equivalentes Trolox (TEAC), método empleado por la mayoría de los investigadores, para evaluar la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. El TEAC se define como la concentración milimolar de Trolox con actividad antioxidante equivalente a una concentración 1 mM del compuesto fenólico a estudiar (Lien *et al*., 1999 y Montoro *et al*., 2001).

Wang *et al*. (1996) mencionan que el sistema antioxidante, defensa del cuerpo compuesto de diferentes antioxidantes. La suplementación de uno o más antioxidantes pueden ser muy efectivos. Las frutas contienen grupo de antioxidantes naturales que podrían tener no solo una actividad antioxidante, sino también una buena combinación de mezclas de antioxidantes. Por ejemplo. 454 g de fresa fresca tiene una capacidad antioxidante (6973 μmol de Trolox equivalente) aproximado de 4.7 g de Trolox, 3 g de α-tocoferol (la actividad ORAC de 1 μmol de α-tocoferol = 1 μmol de Trolox equivalente) o 2.3 g de vitamina C.

Un alto consumo de vitamina C puede actuar en alguna situación como un pro-oxidante en el cuerpo cuando los metales libres de transición están disponibles al mismo

tiempo. Por lo tanto, la suplementación de estos antioxidantes naturales a través del balance de la dieta conteniendo bastantes frutas podría ser más efectiva y también más económica que la suplementación de un antioxidante individual, tal como vitamina C o E, en protección al cuerpo contra daños oxidativas bajo condiciones diferentes (Wang *et al*., 1996).

CAPITULO 3

MÉTODOS DE ANÁLISIS

COMPOSICIÓN PROXIMAL (*MÉTODOS AOAC, 2015*)

La composición proximal consiste en determinar el contenido de humedad (AOAC 2015, 934.01), cenizas (AOAC 2015, 942.05) proteína (AOAC 2015, 2001.11), extracto etéreo (AOAC 1990, 920.39) y fibra cruda (AOAC 2015, 962.09). Por diferencia de 100, se calculan los carbohidratos solubles.

FIBRA DIETARIA SOLUBLE E INSOLUBLE *(MÉTODO AOAC 991.43, 1995)*

Las muestras se someten a incubación secuencial con enzimas (α amilasa, proteasa y amiloglucosidasa), luego se filtra la fibra dietaria insoluble, posteriormente se hace lo mismo con la fibra dietaria soluble. A los crisoles finales se les determina proteína y ceniza para la corrección de los datos reportados finalmente.

B-GLUCANOS *(MÉTODO AOAC 995.16, 2000)*

La muestra con etanol y buffer fosfato de sodio se incuba a 100 °C, luego se adiciona la enzima lichenasa que posteriormente se incuba a 50 °C. Luego se añade la enzima β-glucosidasa más el reactivo de glucosa oxidasa/peroxidasa que se incuba a 50 °C. Finalmente se mide la absorbancia de la solución a 510 nm en el espectrofotómetro.

ALMIDÓN RESISTENTE *(MÉTODO AACC 32-40, 2002)*

La muestra en presencia de la enzima α-amilasa se incuba a 37 °C por un tiempo de 16 horas, luego se adiciona el reactivo de IMS (etanol al 99 por ciento), posteriormente la solución se centrifuga a 3000 rpm por duplicado. Luego se adiciona KOH 2 M y se agita en baño de hielo por un tiempo de 20 minutos. Seguidamente se añadie la enzima amiloglucosidasa más el reactivo de glucosa oxidasa/peroxidasa que posteriormente se incuba a 50 °C. Finalmente se mide la absorbancia en el espectrofotómetro a 510 nm.

CELULOSA (*MÉTODO VAN SOEST, 1968*)

Se pesa aproximadamente 1 g. de muestra seca desgrasada que luego se calienta en presencia de ácido sulfúrico, la cual se filtra en crisoles Gooch donde el residuo se lava con agua tibia y acetona, posteriormente los crisoles se secan y pesan (el peso seco es la fibra detergente ácida). Se añade a los crisoles secos solución de permanganato de potasio y la solución de buffer dejándose en reposo por un tiempo de 90 minutos, luego

se filtra y agrega la solución desmineralizante. Para después hacer lavados con etanol al 80 por ciento y acetona, secándose los crisoles a 100 °C por toda una noche para luego realizar los pesados (calculándose el peso de lignina como la pérdida en peso de la fibra detergente ácida).

LIGNINA *(MÉTODO AACC 32-25, 2002)*

Se pesan aproximadamente 300 mg. de muestra desengrasada, eliminándose los azucares y almidón por incubación con la enzima α-amilasa (a temperatura de 100 °C por un tiempo de 1 hora) y la enzima amiloglucosidasa (a temperatura de 60 °C por un tiempo de 16 horas). Posteriormente se centrifuga en presencia de etanol y acetona dejándose secar el residuo resultante por un tiempo de 16 horas a una temperatura de 40 °C. Después se realiza la hidrólisis con ácido sulfúrico a 30 °C por un tiempo de una hora, hidrolizándose en una autoclave a una temperatura de 125 °C por un tiempo de una hora. Posteriormente se filtra en crisoles Gooch, secándose el residuo a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 16 horas, posteriormente se incinera a una temperatura de 500 °C por un tiempo de una hora (la pérdida de peso de la mufla es la lignina Klason).

PENTOSANOS O ARABINOXILANOS *(MÉTODO DOUGLAS, 1980)*

Aproximadamente se pesan 5 mg. de muestra añadiéndose un volumen de 2 mL. De agua destilada seguido de 10 mL. de la solución extractora (ácido acético glacial, ácido clorhídrico, phloroglucinol y glucosa). Incubándose por un tiempo de 25 minutos en agua hirviendo, Posteriormente se mide la absorbancia en el espectrofotómetro a longitudes de onda de 552 nm. y 512 nm. Los datos reportados para arabinoxilanos se hallan restando la absorbancia de 552 nm. Menos la de 512 nm. Con este valor se busca el porcentaje de pentosanos en una curva estándar de xylosa.

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA *(MÉTODO TAMAYO Y BERMÚDEZ, 1998)*

Se determina por el método citado por Tamayo y Bermúdez (1998). La capacidad de hinchamiento indica la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua. Se colocan 0.5 g del producto en un tubo graduado y se mide el volumen (Vo) ocupado por el producto, se adiciona exceso de agua (5 mL) y se agita. Luego se Deja reposar durante 24 horas y se mide posteriormente el volumen final (Vf) de la muestra. La capacidad de absorción de agua se calcula (Vf – Vo) / g de muestra.

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA *(MÉTODO ROBERTSON Y EASTWOOD, 1981)*

Se emplea el método de centrifugación de Robertson y Eastwood (1981). La capacidad de retención de agua expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de material seco, determinándose en presencia de un exceso de agua

bajo la acción de una fuerza patrón. Se colocan 0.2 g de fibra seca en un tubo de centrifuga, agregándose 25 mL de agua destilada y dejándose remojar por 24 horas. Luego se Centrifuga a 6000 rpm por 15 min. Determinándose el peso húmedo de la fibra y secandose a 100 ºC para determinar el peso. La capacidad de retención de agua se calcula como g de agua/g de fibra.

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE MUESTRA ORGÁNICA *(MÉTODO TAMAYO Y BERMÚDEZ, 1998)*

Se emplea el método citado por Tamayo y Bermúdez (1998). La capacidad de retención de aceite, es la máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por gramo de material seco. Se colocan 0.5 gramos de producto en un tubo, adicionándose un exceso de aceite (5 mL) para luego ser agitado durante 30 minutos. Se centrifuga durante 10 minutos a 3000 rpm, para luego retirar el sobrenadante y pesar el sedimento. Los resultados se expresan en gramos de aceite por gramo de muestra.

VISCOSIDAD DE LOS EXTRACTOS DE FIBRA SOLUBLE

La viscosidad de las soluciones de fibra soluble preparadas al 3 por ciento (w/v); se mide con un viscosímetro rotacional Brookfield hechas a temperatura estable de 24 °C

CAPITULO 4

AISLAMIENTO DE FIBRA DIETÉTICA

OBTENCIÓN DE FRACCIONES DE SALVADO A PARTIR DE CEREALES ANDINOS

Se obtienen los salvados de las muestras, después de las siguientes operaciones que se muestran en la Figura 5.

Limpieza

Con el objeto de eliminar piedrecillas, pajas, tierra y materiales extraños. Esta operación se realiza en forma manual y con la ayuda de un cernidor.

Desaponificación de la quinua

Con el objeto de eliminar las saponinas del grano de quinua se utiliza una máquina lavadora, en la cual durante 3 minutos intermitentes se efectúa el lavado por agitación y turbulencia a temperatura ambiente, realizando cada minuto cambios de agua. Para los lavados se tiene en cuenta la siguiente proporción de 1:3 (100 g quinua: 300 mL agua), cada lavado con una duración de 1 minuto (Zavaleta *et al*., 1982).

Secado de la quinua

La quinua desaponificada se seca en estufa a una temperatura de 70 °C por un tiempo de dos horas, para evitar germinación por la alta humedad del grano.

Molienda

La molienda se realiza en molino Brabender Quadrumat Jr. con una alimentación lenta, con la finalidad de optimizar la separación del salvado y harina. Los granos de los cereales andinos se muelen sin acondicionamiento previo.

Tamizado

Las fracciones de salvado obtenidas se tamizan para mejorar el rendimiento de extracción del salvado. Se considera salvado a todo aquello que queda retenido en el tamiz de 250 µm.

Empacado

Las muestras se empacan en bolsas de polietileno de alta densidad y se almacenan convenientemente hasta su análisis. En la Figura 5 se muestra el flujograma de operaciones para la obtención de la fracción más rica en fibra dietaria.

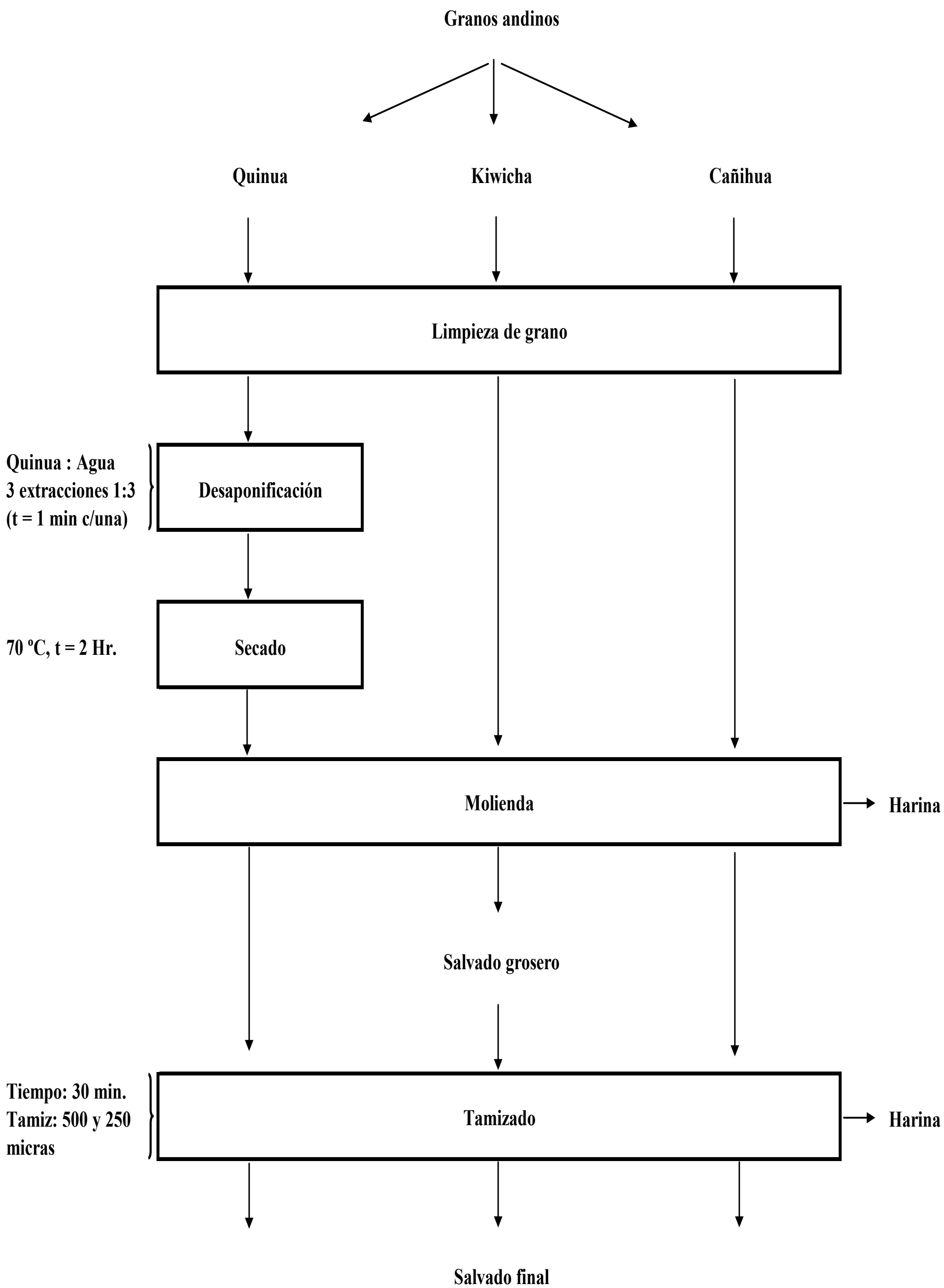


Figura 5. Flujograma para la obtención de las fracciones de salvado

EXTRACCIÓN DE FRACCIONES RICAS EN FIBRA DIETARIA SOLUBLE E INSOLUBLE POR EL MÉTODO NEUTRO *(DALGETTY Y BAIK, 2003).*

Aislamiento de las fracciones de fibra dietaria (soluble e insoluble)

- Se pesan los salvados que son previamente pulverizados en el molino Ciclotec, posteriormente se mezclan con agua destilada. Centrifugándose la solución a una velocidad de 1,500 x g por un tiempo de 15 minutos. Se Repite el procedimiento una vez más. Los sobrenadantes son colectados usándose la parte líquida para el aislamiento de la fracción de fibra soluble y los residuos para el aislamiento de la fracción de fibra insoluble.

Aislamiento de la fracción de fibra dietaria soluble

- Para el aislamiento de la fracción rica en fibra soluble, se precipitan las proteínas de la solución ajustándose el pH de las fracciones solubles (pH 4 para kiwicha y pH 5 para quinua y cañihua), usando para tal efecto soluciones de HCl o NaOH uno normal. Las soluciones que se obtienen se centrifugan por un tiempo de 10 minutos a una velocidad 1500 x g, con la finalidad de separar los residuos de los sobrenadantes.
- Por otro lado, el sobrenadante se liofiliza dando como resultado una fracción rica en fibra soluble. En la Figura 6 se muestra el flujograma de operaciones para la obtención de la fibra soluble e insoluble según este método.

Aislamiento de la fracción de fibra dietaria insoluble

- Una vez pesados los residuos provenientes de la centrifugación anterior, se procede a realizar lavados sucesivos con agua destilada a través de los tamices con apertura de 106 μm para eliminar los almidones residuales. Los materiales que se recuperan de los tamices son fracciones ricas en fibra insoluble.
- Posteriormente los residuos que se obtienen de los tamices se disuelven nuevamente en agua para realizar una incubación con la enzima α-amilasa (termamyl, 50 uL/100 mL) a un pH de 6 por un tiempo de 30 minutos y una temperatura de 100 °C en baño de agua con agitación ocasional. Seguidamente se realiza la centrifugación de la mezcla por un tiempo de 10 minutos a una velocidad de 1500 x g, los pellets resultantes finalmente se liofilizan lográndose obtener fracciones de fibra insoluble purificadas.

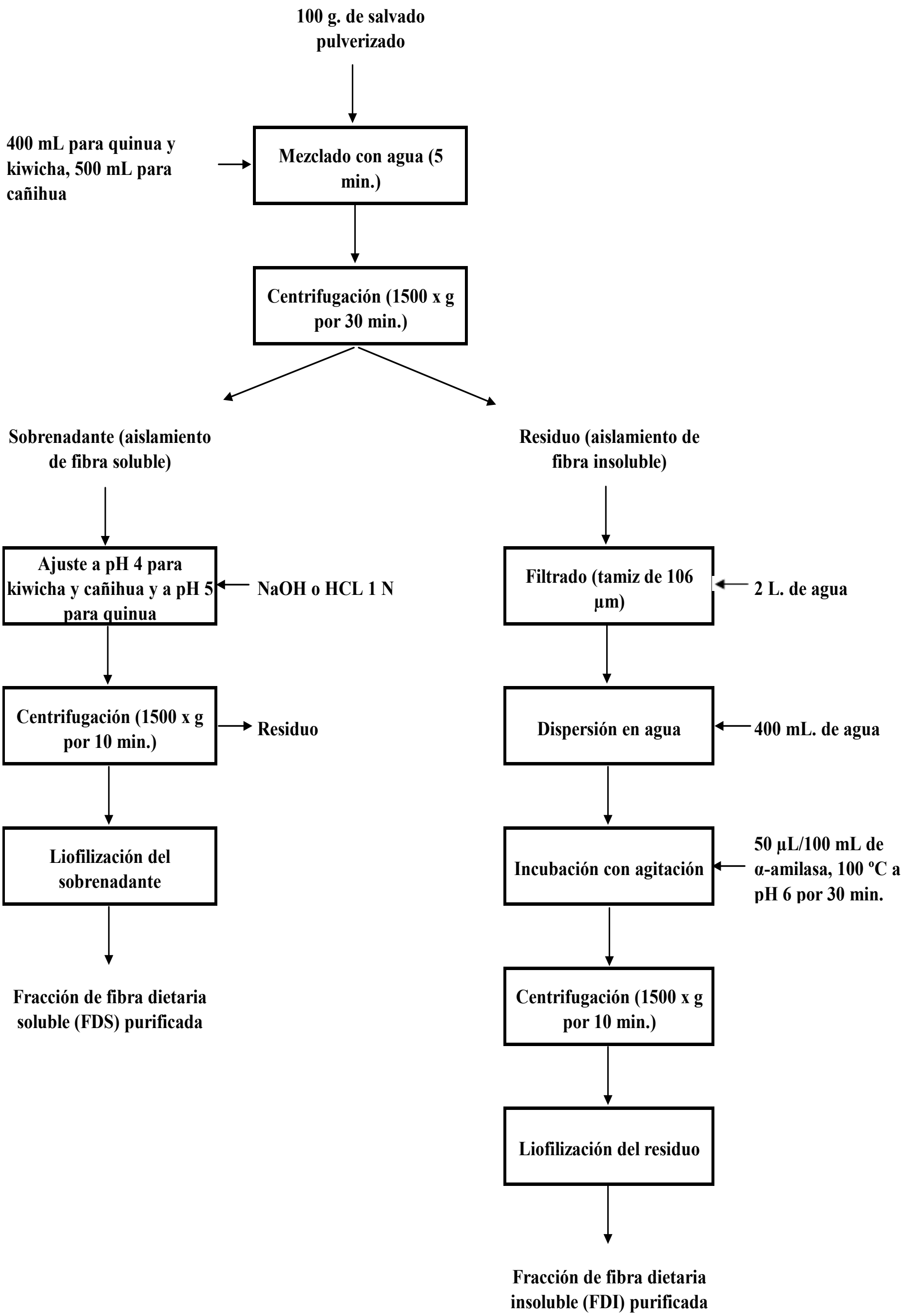


Figura 6. Flujograma de extracción de fibra soluble e insoluble por el método neutro propuesto por Dalgetty y Baik (2003).

EXTRACCIÓN DE FRACCIONES RICAS EN FIBRA DIETARIA SOLUBLE E INSOLUBLE POR EL MÉTODO ALCALINO *(AOE ET AL., 1993)*

Aislamiento de las fracciones de fibra dietaria (soluble e insoluble)

- Se muelen los salvados con la finalidad de uniformizar el tamaño de las partículas en el molino Ciclotec. Posteriormente estos se desengrasan en presencia de acetona como solvente, luego las muestras se secan a temperatura medio ambiental.

- El almidón presente en el salvado molido se digiere utilizando una solución de la enzima glucoamilasa a pH 4.8 por un tiempo de 24 horas, posteriormente el residuo se recupera por filtración (tamiz de 106 μm de abertura). Luego se lava el residuo con agua destilada realizándose este procedimiento cuatro veces con la finalidad de eliminar el almidón residual.

- El residuo libre de almidón resultante de la operación anterior, se mezcla con un litro de reactivo (hidróxido de sodio al 2 por ciento con pH 14 a 20 °C) y extraído a una temperatura de 60 ºC por un tiempo de 4 horas de incubación (se puede elegir NaOH por ser más económico en el mercado). El extracto que se obtiene se centrifuga colectándose los sobrenadantes correspondientes a la parte líquida para el aislamiento posterior de la fracción de fibra soluble y los residuos son usados para el aislamiento de la fracción de fibra insoluble.

Aislamiento de la fracción de fibra dietaria soluble

- El sobrenadante es neutralizado usando para tal efecto, soluciones de ácido acético o hidróxido de sodio con una normalidad de cinco, dicha operación se lleva a cabo con la finalidad de precipitar algunas proteínas y contribuir así a la purificación de la fracción final. La solución neutralizada es tratada con el reactivo de ácido tricloro acético, llevando la concentración final del sobrenadante a siete por ciento.

- El extracto que se obtiene es agitado en presencia de cuatro volúmenes de etanol con una concentración de noventa y cinco por ciento, almacenándose esta solución toda una noche con la finalidad de precipitar la fracción de fibra dietaria soluble presente.

- El precipitado es colectado por centrifugación y liofilizado finalmente para la obtención de las fracciones ricas en fibra dietaria soluble.

Aislamiento de la fracción de fibra dietaria insoluble.

- Los residuos resultantes de la primera centrifugación son liofilizados, lográndose obtener una fracción rica en fibra insoluble. En la Figura 7 se muestra el flujograma de operaciones para la obtención de las fracciones de fibra dietaria soluble e insoluble por este método.

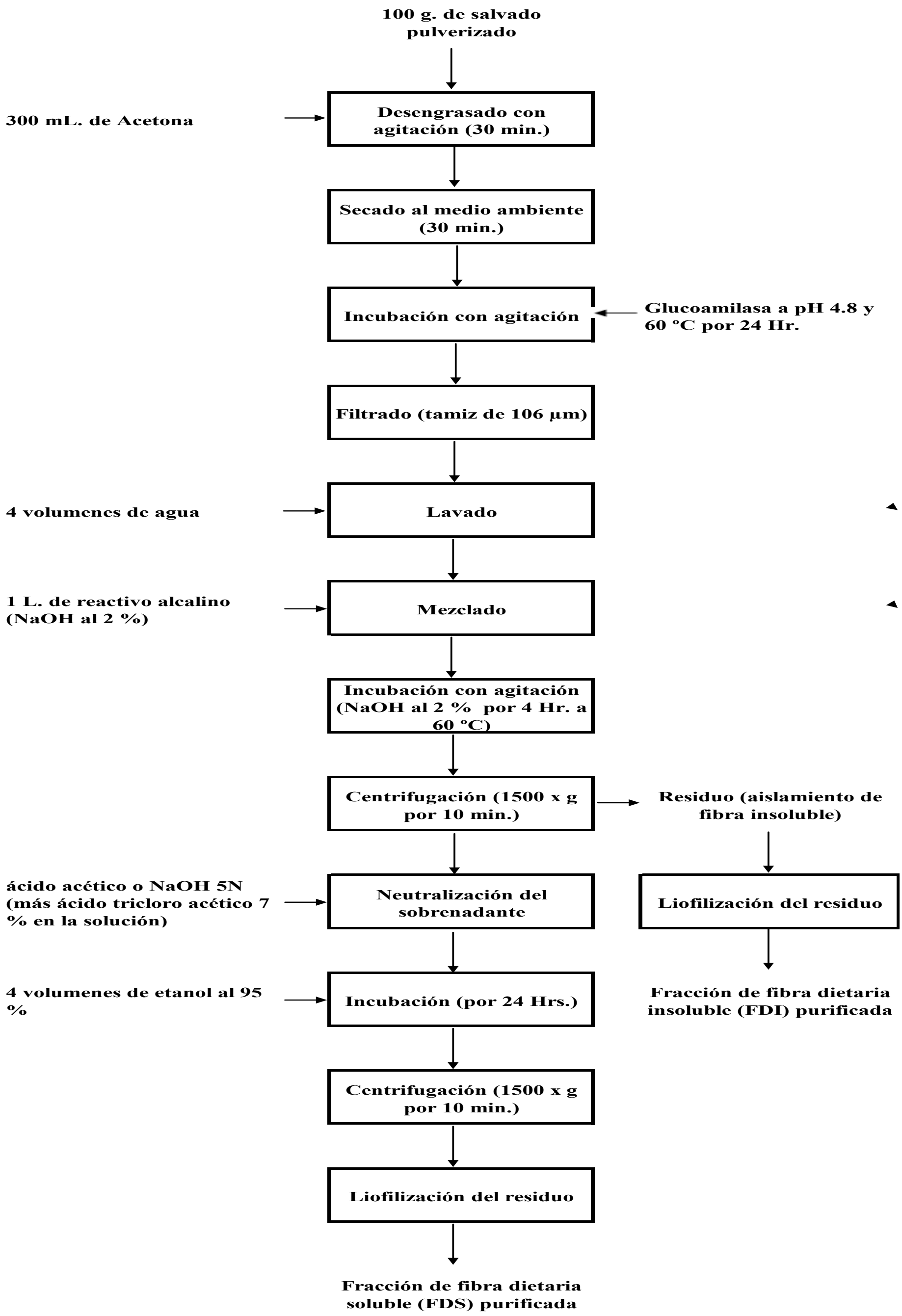


Figura 7. Flujograma para la obtención de fibra soluble e insoluble por el método alcalino propuesto por Aoe *et al.* (1993).

CAPITULO 5

CARACTERIZACIÓN QUIMICA Y TECNOFUNCIONAL

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LOS CULTIVOS ANDINOS

Se realizaron análisis fisicoquímicos en los granos enteros de los tres cultivos y en las tres variedades de cada uno de ellos: quinua (Blanca de Juli, Kancolla y Salcedo INIA), kiwicha (Oscar Blanco, Centenario y Morocho) y cañihua (Ramis, Cupi e Illpa). Con la finalidad de caracterizar los constituyentes mas importantes de estos cereales andinos.

Composición proximal

En los Cuadros 6, 7 y 8 se muestran las composiciones proximales de los granos enteros.

Componente	Blanca de Juli X ± S	Kancolla X ± S	Salcedo INIA X ± S
Humedad [b]	10.90 ± 0.40	10.60 ± 0.10	10.60 ± 0.10
Proteínas [ab]	12.00 ± 0.30	13.70 ± 0.30	13.70 ± 0.60
Grasa [b]	5.94 ± 0.06	5.93 ± 0.04	4.95 ± 0.03
Cenizas [b]	2.30 ± 0.02	2.00 ± 0.02	2.00 ± 0.01
Almidón Digestible [b]	44.53 ± 1.28	49.10 ± 2.05	52.92 ± 1.70
Almidón Total [b]	44.89 ± 0.30	50.02 ± 2.37	53.87 ± 1.91

Cuadro 6. Composición proximal de tres variedades de quinua (Blanca de Juli, Kancolla y Salcedo INIA).

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] %N x 6.25

[b] base húmeda

Componente	Oscar Blanco X ± S	Centenario X ± S	Morocho X ± S
Humedad [b]	9.00 ± 0.02	9.10 ± 0.10	9.70 ± 0.02
Proteínas [ab]	12.00 ± 0.30	13.70 ± 0.30	13.70 ± 0.60
Grasa [b]	5.51 ± 0.07	7.30 ± 0.10	6.35 ± 0.12
Cenizas [b]	2.00 ± 0.02	2.40 ± 0.02	2.10 ± 0.01
Almidón Digestible [b]	50.75 ± 0.92	51.41 ± 0.70	48.36 ± 1.27
Almidón Total [b]	50.84 ± 0.30	51.52 ± 0.51	48.45 ± 0.62

Cuadro 7. Composición proximal de tres variedades de kiwicha (Oscar Blanco, Centenario y Morocho).

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] % N x 6.25

[b] base húmeda

Componente	Ramis X ± S	Cupi X ± S	Illpa X ± S
Humedad [b]	8.40 ± 0.10	7.80 ± 0.30	7.40 ± 0.20
Proteínas [ab]	14.60 ± 0.10	15.70 ± 0.10	14.40 ± 0.20
Grasa [b]	6.22 ± 0.17	7.55 ± 0.01	7.46 ± 0.10
Cenizas [b]	3.30 ± 0.01	3.70 ± 0.02	3.30 ± 0.01
Almidón Digestible [b]	44.05 ± 0.90	39.10 ± 3.82	43.53 ± 3.50
Almidón Total [b]	44.30 ± 0.74	39.41 ± 0.13	43.83 ± 0.62

Cuadro 8. Composición proximal de tres variedades de cañihua (Ramis, Cupi e Illpa).

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] %N x 6.25

[b] base húmeda

Al comparar los resultados de las tres variedades de cultivos andinos presentados en los Cuadros 6, 7 y 8, se puede observar que no hay diferencias importantes entre los contenidos de los diferentes constituyentes en estos cereales andinos y los mencionados en la literatura. El lector puede corroborar esta afirmación en los estudios efectuados por el Ministerio de Salud (1996), donde se reportan valores de composición proximal para quinua: 11.5, 13.6, 5.8, 2.5 y 1.9 por ciento; en kiwicha: 12.0, 13.5, 7.1, 2.4, 64.5 y 2.5 por ciento y en cañihua: 12.2, 13.8, 3.5, 5.3, 65.2 y 10.2 por ciento, para humedad, proteínas, grasa, cenizas, carbohidratos y fibra respectivamente.

Al respecto Ayala (1995) reporta datos para humedad, proteínas, grasa, cenizas, carbohidratos y fibra. En quinua: 11.2, 11.7, 6.3, 2.8, 68.0 y 5.2 por ciento; en kiwicha: 12.3, 12.9, 7.2, 2.5, 65.1 y 6.7 por ciento y kañihua 12.2, 14.0, 4.3, 5.4, 64.0 y 9.8 por ciento. Menciona también que son granos andinos que se caracterizan por contener proteínas de alto valor biológico (aminoácidos esenciales disponibles al organismo animal para satisfacer su requerimiento durante una situación biológica) y valor nutricional (aminoácidos para síntesis de proteínas totales juntamente con otros nutrientes).

El grano de amaranto es una buena fuente de proteína, con altos niveles de lisina y aminoácidos azufrados pero bajos niveles de leucina, es una buena fuente de lípidos, ya que es rico en ácidos b-tocoferol, α-tocoferol, linoleico, oleico y palmítico, y especialmente en escualeno. Los carbohidratos forman la fracción principal del grano, aunque la fibra parece ser baja; presenta fibra insoluble compuesta de homogalacturonanos y ramnogalacturonano-I con cadenas laterales de arabinanos, así como xiloglucanos y celulosa altamente ramificados, y fibra soluble de xiloglucanos y polisacáridos pécticos ricos en arabinosa. Por otro lado, el grano de Cañihua es una buena fuente de proteína, sin embargo, su contenido es superior al de amaranto y quinua, está compuesto principalmente por albúminas y globulinas, es una buena fuente de lípidos ya que es rico en ácidos grasos insaturados, los carbohidratos son la fracción principal en el grano mientras que el contenido de fibra no lo es. El grano contiene ácidos fenólicos, flavonoides, es fuente de vitaminas, minerales y oligoelementos. Finalmente, el grano de quinua es una de las mejores fuentes de proteína en el reino vegetal, rico en aminoácidos esenciales, como aminoácidos azufrados, lisina y aminoácidos aromáticos; es una buena fuente de

lípidos con un alto contenido de ácidos linoleico y g-linolénico, g-tocoferol y a-tocoferol, los carbohidratos son la fracción principal en el grano y su fibra se asemeja a la de las frutas, verduras y legumbres. El grano contiene altas cantidades de ácidos fenólicos, carotenoides, es rico en micronutrientes, como vitaminas y minerales, además de saponinas, fitoesteroles y fitoecdisteroides (Quiroga, 2020).

La quinua, la qañiwa y el amaranto son tres granos de pequeño tamaño, con un embrión bastante desarrollado (25 por ciento del total del grano en la quinua), en el cual se concentra una importante cantidad de proteínas. El contenido de proteínas y grasas de estos granos es más alto que el de los cereales como el trigo (Tapia, 2000).

Existe una gran variación en la composición química de estos granos, la que depende de su variedad genética, la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo y la fertilidad del suelo. Además de la saponina, la presencia de otros factores antinutricionales puede afectar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales, como proteínas y minerales. Ruales y Nair (1994) informan que el contenido de fitatos, cuantificados colorimétricamente como hexafosfato fue de 10,4 ± 0,83 mg/100 g en las muestras de quinua sin tratamiento, y en las semillas escarificadas y lavadas de 7,8 ± 0,13 mg/100 g de materia seca. Los taninos medidos como flavonoles no fueron detectados en las semillas de quinua sin tratamiento, tampoco los inhibidores de proteasa, aun cuando se incrementaron las concentraciones del extracto.

Las proteínas de los granos andinos difieren de la contenida en los cereales no sólo en cantidad, sino también en calidad. Al revisar el contenido de aminoácidos de las proteínas de la quinua, qañiwa y amaranto, considerando sólo los aminoácidos que con mayor frecuencia son limitantes en las dietas mixtas: lisina, azufrados (metionina mas cistina), treonina y triptófano, es posible apreciar que, a excepción del triptófano, su contenido de aminoácidos en general es superior al de las proteínas del trigo (Tapia, 2000).

Según Tapia (2000) la quinua, la cañahua y el amaranto se distinguen por un buen contenido de proteínas y minerales, pero su verdadero valor radica en la calidad de la proteína. Estos granos contienen aproximadamente el doble de lisina y metionina que los cereales como trigo, arroz, maíz y cebada. Los granos andinos (quinua, cañahua, amaranto) por su excelente contenido de lisina y metionina complementan muy bien a la proteína del tarwi, que tiene bajo contenido de metionina, y la de otros cereales como maíz, trigo y arroz. El tarwi también se complementa adecuadamente con estos últimos cereales. Por otra parte, se ha encontrado que los granos andinos contienen una apreciable cantidad de fibra, en especial la cañahua, cuyo perisperma no es digerible.

Las necesidades de proteína en los alimentos fueron definidas en 1985 por el Comité de Expertos FAO/OMS/ONU, como “la dosis más baja de proteínas ingeridas en la dieta que compensa las pérdidas orgánicas de nitrógeno en personas que mantienen el balance de energía a niveles moderados de actividad física. En los niños y en las mujeres embarazadas o lactantes, se considera que las necesidades de proteínas comprenden aquellas necesidades asociadas con la formación de tejidos o la secreción de leche a un ritmo compatible con la buena salud”.

Composición de fibra soluble e insoluble en las variedades de los cultivos andinos.

Es importante mencionar que la fibra dietaria total (FDT), está constituida en esencia por dos fracciones como son: la fibra dietaria insoluble (FDI) y la fibra dietaria soluble (FDS), partes que fueron caracterizadas en el grano entero de las variedades en estudio.

Cultivo/variedad	Fibra Soluble [b] X ± S	Fibra Insoluble [b] X ± S	Fibra Total [b] X ± S
Quinua			
Salcedo INIA	4.68 ± 0.31	5.41 ± 0.36	10.09 ± 0.34
Kancolla	3.74 ± 0.05	6.71 ± 0.05	10.42 ± 0.06
Blanca de Juli	2.86 ± 0.07	6.43 ± 0.17	9.29 ± 0.23
Kiwicha			
Oscar Blanco	1.73 ± 0.44	8.30 ± 0.36	10.04 ± 0.51
Centenario	1.78 ± 0.21	8.49 ± 0.32	10.26 ± 0.47
Morocho	2.13 ± 0.66	7.67 ± 0.72	9.80 ± 0.29
Cañihua			
Ramis	2.81 ± 0.28	17.15 ± 0.26	20.04 ± 0.54
Cupi	3.79 ± 0.42	14.57 ± 0.40	19.58 ± 1.00
Illpa	2.12 ± 0.39	14.42 ± 0.75	17.27 ± 0.38

Cuadro 9. Composición de fibra soluble e insoluble en cereales andinos.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

En el Cuadro 9 se pueden ver que las cañihuas tiene un alto contenido de fibra dietética y especialmente de fibra insoluble, la quinua y la kiwicha contienen más o menos la misma proporción de fibra dietética total y sus diferentes fracciones. El contenido de la fibra dietaria soluble en los granos estudiados varía entre 1.73 y 4.68 g/100g, siendo la quinua Salcedo INIA la que tiene mayor contenido en los cereales andinos. Se sabe que la fibra soluble de avena tiene propiedades beneficiosas al disminuir el nivel de colesterol en la sangre. El contenido de la fibra soluble en los granos andinos es similar del contenido de la misma en las hojuelas de avena, y puede sugerir que la fibra de los granos andinos podría tener efectos similares en el nivel de colesterol.

Por otro lado, a diferencia de la quinua, las semillas de cañihua y amaranto no requieren un proceso de desaponificación para su uso (Jacobsen et al., 2003), se consumen comúnmente sin la cubierta exterior de la semilla, eliminando parte de las saponinas y reduciendo el contenido total de fibra dietética de 25 a 12,6 g / 100 g en base seca (Repo-Carrasco-Valencia, Encina, et al. 2010), sin embargo, junto con el amaranto y la quinua, estos pseudocereales siguen siendo buenas fuentes de fibra dietética (Campos, 2018).

Mahan (1998), menciona que es útil clasificar a los componentes de la fibra dietética de acuerdo a su solubilidad en agua, porque se asocia a determinados efectos fisiológicos. Estos efectos fisiológicos son el resultado de complejos mecanismos de interacción entre los componentes del alimento no digeridos por las enzimas digestivas y las condiciones del medio ambiente gastrointestinal, como pH, fuerza iónica, así como la presencia de otras substancias inherentes al alimento y que dependen de las propiedades físico-químicas de

la fuente de fibra.

La fibra dietaria soluble esta compuesta por pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas, tienen un mayor efecto en reducir los niveles plasmáticos de colesterol, reducir la respuesta glicémica postprandial y retardar el vaciamiento gástrico (Liu, 2003).

Mientras que la fibra insoluble está constituida por celulosa, gran parte de hemicelulosa y lignina, es muy efectiva en aumentar el volumen fecal debido a que pasa intacta a través del tracto gastrointestinal y contribuye a la formación de heces voluminosas y suaves, disminuyendo así el tiempo de tránsito intestinal y la presión colónica (Mann, 2001).

El consumo de fibra insoluble tiene efectos positivos en la salud. La fibra soluble (pectinas, β-glucanos, pentosanos) por su parte, reducen el nivel del colesterol de la sangre previniendo así problemas cardiovasculares y diabetes (Repo, 1992).

Según Scheeman (1987), cada fracción desarrolla diferentes efectos fisiológicos en el organismo humano, complementándose entre si, considerándose bien balanceada a una fibra con 70-50 por ciento como fibra insoluble y 30 – 50 por ciento como fibra soluble.

La fibra dietaria obtenida del salvado de cereales constituye un ingrediente típico de los productos alimentarios ricos en fibra, sin embargo, el contenido de fibra dietaria soluble es bajo en la mayoría de ellos (Grigelmo *et al*., 1999).

De los Cereales Andinos analizados en grano entero (tres variedades por cada cultivo), los que presentaron mayores contenidos de fibra dietaria soluble (FDS), son las muestras que corresponden a las variedades: Salcedo INIA (quinua), Morocho (kiwicha) y Cupi (cañihua). Con valores de 4.68, 2.13 y 3.79 por ciento respectivamente; observándose que estos fueron los valores más altos para este constituyente los cuales pueden ser apreciados en la Figura 9 y en el Cuadro 9. La importancia de cuantificar estos componentes resultó vital en el desarrollo de esta tesis, puesto que las variedades con mayor contenido de fibra soluble (Salcedo INIA, Morocho y Cupi), se utilizaron para la obtención de los salvados que fueron finalmente caracterizados, posteriormente dichos salvados sirvieron para efectuar el aislamiento de las fracciones ricas en fibra soluble e insoluble, que también fueron caracterizadas. En lo que concierne a la fibra dietaria insoluble (FDI) las variedades Kancolla, Centenario y Ramis fueron las que presentaron mayores valores, los cuales pueden observarse en el Cuadro 9.

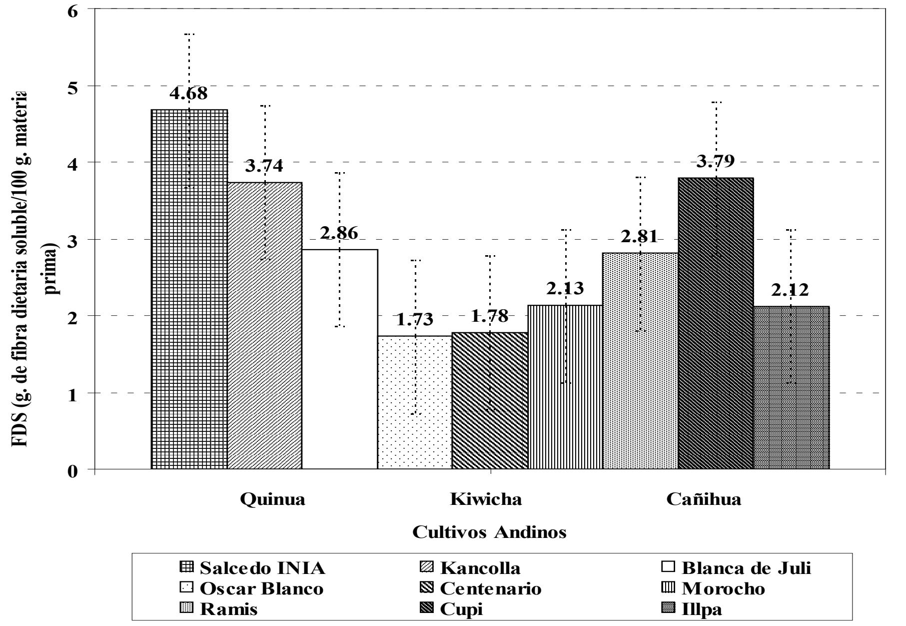


Figura 9. Comparacion del contenido de fibra dietaria soluble (FDS) en tres variedades de tres cereales andinos.

El análisis estadístico (ANVA) para el contenido de FDS en las variedades de quinua determinó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras, observándose también diferencias en los promedios cuando se hizo la prueba de comparación de Tukey. Contrario a lo anteriormente dicho no existieron diferencias altamente significativas en el contenido de FDS en las variedades de kiwicha. En lo que respecta al contenido de FDS en tres variedades de cañihua se pudo notar que el análisis estadístico (ANVA) demostró que existen diferencias altamente significativas entre las muestras, en la prueba de comparación de promedios de Tukey se observa que entre las variedades Ramis e Illpa no existieron diferencias, pero la variedad Cupi si presentó diferencias con respecto a las dos anteriores.

En 1992 Repo-Carrasco analizó la fibra dietética en tres granos andinos: quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.), reportando valores de fibra dietaria insoluble (FDI), fibra dietaria soluble (FDS) y fibra dietaria total (FDT), para quinua: FDI 5.31, FDS 2.49 y FDT 7.80 por ciento; en kiwicha contenidos de 5.76, 3.19 y 8.95 por ciento para FDI, FDS y FDT respectivamente. En el caso de la kañiwa se reportaron cantidades en FDI, FDS y FDT de 12.92, 3.49 y 16.41 por ciento correlativamente. Reporta también, valores de 14.92, 12.69, y 2.23 por ciento para fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS) en la variedad Centenario. En el caso de la variedad Oscar Blanco se observa cantidades de 12.61, 11.1 y 1,51 por ciento para FDT, FDI y FDS respectivamente.

Tosi *et al.* (2001) analizaron el contenido de la fibra dietética en el grano entero y las diferentes fracciones de molienda en *Amaranthus cruentus*. El grano entero tenía 14,2 g/100g de fibra dietética total. El contenido de la fibra insoluble y soluble fue 8.1 y 6.1

g/100g. Respectivamente. Ellos obtuvieron una fracción de alto contenido de fibra dietética, con más de 30 por ciento de fibra dietética total.

El contenido que menciona Repo-Carrasco (1992) para la fibra dietética total en las seis variedades de quinua que se estudiaron se encontró entre 15.77 y 23.26 por ciento. La variedad La Molina 89 tuvo el mayor valor y la variedad Sajama, el menor. La variedad Blanca de Juli tuvo el mayor valor para la fibra soluble 3.96 por ciento. Cabe mencionar que estas muestras fueron analizadas sin eliminar las saponinas y por esta razón el contenido de fibra es mayor que en la muestra analizada anteriormente. El proceso de lavado de la saponina probablemente elimina una parte de fibra dietética. Es importante señalar que la variedad de kiwicha Centenario desarrollada en la Universidad Nacional Agraria la Molina, presenta un contenido mayor en fibra dietética que la variedad comercial Oscar Blanco.

Precisamente, en el transcurso de las dos últimas décadas, la humanidad comienza a preocuparse por una correcta alimentación, generando en la población una mayor preocupación por la selección de los componentes dietarios asociados a un menor riesgo de salud por lo que no es extraña la presencia en el mercado de los “alimentos funcionales”, los cuáles tienen un común denominador al actuar positivamente sobre una o varias funciones específicas del organismo. Un ejemplo típico de alimento funcional es la fibra dietaria (FD) la que ha sido profusamente investigada tanto en el campo de la nutrición como en el de la ciencia y tecnología de alimentos. (Antequera, 2001; Baldeón, 2004).

Componente	Blanca de Juli X ± S	Kancolla X ± S	Salcedo INIA X ± S
β-glucanos [b]	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01
Pentosanos [b]	1.63 ± 0.12	1.79 ± 0.14	1.62 ± 0.18
Almidón resistente [b]	0.36 ± 0.03	0.92 ± 0.01	0.95 ± 0.02
Lignina Klason [b]	3.85 ± 0.07	2.40 ± 0.46	3.56 ± 0.18
Fibra detergente ácida [b]	7.25 ± 0.14	8.12 ± 0.19	7.90 ± 0.14
Celulosa [b]	4.33 ± 0.15	4.57 ± 0.25	5.01 ± 0.14

Cuadro 10: Componentes de la fibra dietaria total (soluble e insoluble) en tres variedades de quinua.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

Componente	Oscar Blanco X ± S	Centenario X ± S	Morocho X ± S
β-glucanos [b]	0.57 ± 0.19	0.88 ± 0.07	0.57 ± 0.30
Pentosanos [b]	0.98 ± 0.06	0.72 ± 0.04	0.80 ± 0.07
Almidón resistente [b]	0.09 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.00
Lignina Klason [b]	3.96 ± 0.02	3.95 ± 0.03	3.00 ± 0.04
Fibra detergente ácida [b]	5.37 ± 0.02	6.12 ± 0.12	6.10 ± 0.13
Celulosa [b]	2.10 ± 0.36	3.88 ± 0.19	2.51 ± 0.28

Cuadro 11: Componentes de la fibra dietaria total (soluble e insoluble) en tres variedades de kiwicha.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

Hoy en día existe evidencia a nivel mundial de los efectos benéficos de la fibra dietaria en diabetes, enfermedades coronarias, cáncer al colon y otras enfermedades relacionadas con el tracto gastrointestinal (Sullivan, 1998; Truswell, 2002).

Entre las fuentes naturales de fibra se encuentran los cereales, leguminosas, frutas y hortalizas (Witting *et al*., 2003), así la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda su consumo de 20-35 gramos por día, ingesta que se completará al combinar diferentes porciones de estos alimentos y que por lo tanto influenciará benéficamente en ciertas funciones del organismo (Truswell, 2002).

Componente	**Ramis** **X ± S**	**Cupi** **X ± S**	**Illpa** **X ± S**
β-glucanos [b]	0.04 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.06 ± 0.01
Pentosanos [b]	0.97 ± 0.23	0.63 ± 0.17	0.18 ± 0.05
Almidón resistente [b]	0.25 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.00
Lignina Klason [b]	8.78 ± 0.19	4.82 ± 0.05	7.28 ± 0.10
Fibra detergente ácida [b]	14.90 ± 0.69	13.90 ± 0.26	15.75 ± 0.30
Celulosa [b]	7.63 ± 1.65	8.75 ± 2.21	7.46 ± 0.98

Cuadro 12: Componentes de la fibra dietaria total (soluble e insoluble) en tres variedades de cañihua.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

En los Cuadros 10, 11 y 12 se muestran los componentes de la fibra dietaria soluble (FDS), los cuales corresponden a: β-glucanos y pentosanos que fueron cuantificados en tres muestras de cada cereal andino. Las variedades de quinua Kancolla y Salcedo INIA fueron las que presentaron mayores contenidos de β-glucanos, correspondientes en los dos casos al valor de 0.09 g/g m, en el caso de la kiwicha se observa que el dato mas alto es de 0.88 g/g m, presente en la variedad Centenario. Para el grano de cañihua la variedad Cupi es la que presenta su máximo contenido y cuyo valor fue de 0.10 g/g m, muy similar a los resultados de las variedades de quinua antes mencionadas. Como puede apreciarse de entre los tres cereales que se estudiaron, el que presenta mayor contenido de β-glucanos fue el cultivo andino de kiwicha, por otro lado, puede notarse también que los contenidos de este constituyente en todos los granos andinos varían entre 0.04 y 0.88 g/g m; lo que demuestra que las muestras en análisis no tienen un contenido significativo de β-glucanos, cuando se compara con otros cereales distintos que son presentados en literatura.

En cultivos de avena norteamericana se presenta una media de 4.4 a 6.0 por ciento de β-glucanos, algunos factores ambientales pueden influenciar estos valores. En Finlandia el valor medio de estos varia de 3.33 a 4.03 por ciento, tendiendo a aumentar con temperaturas altas durante el período de crecimiento y con el pH del suelo (Saastamoinen, 1995).

En laboratorios de cereales, fueron realizados dos amplios estudios evaluando muestras de avena de tres localidades diferentes, recomendadas por la Comisión Brasilera de Avena para su cultivo, utilizando el método FIA de Jorgensen (1988). En el primer estudio, se evaluaron cinco cultivos de tres localidades durante dos años consecutivos. La media

global de los contenidos de β-glucanos fue de 4,9 ± 0.6 g/100 g. El análisis de varianza mostró que el factor genético es el mas influyente, seguido de la temperatura durante el período de crecimiento del grano. Esta temperatura está correlacionada positivamente con los contenidos de β-glucanos. En el otro trabajo se evaluaron doce cultivos de tres localidades y el contenido medio fue de 4,8 ± 0.12 g/100 g variando de 3,5 a 5,9 (De Francisco, 1997).

Los pentosanos presentan sus máximos valores en las variedades: Kancolla, Oscar Blanco y Ramis con valores de 1.79, 0.98 y 0.97 g/g m, para quinua kiwicha y cañihua respectivamente. Valores que se presentan en los Cuadros 10, 11 y 12, que resultan menores cuando se hacen las comparaciones con otros cereales como la avena y la cebada. A este tipo de compuestos se les atribuye las propiedades hipocolesterolémicas e hipoglucémicas de los salvados. En los cereales andinos puede apreciarse que el contenido de pentosanos varía entre 0.18 y 1.79 g/g m.

Los pentosanos están formados por cinco unidades de residuos de azúcar y son polímeros de formula general $(C_5H_8O_4)_n$. Ellos compiten con el almidón y las proteínas por la disponibilidad de la matriz de agua en panes o kekes y estos influencian la calidad del producto. Los pentosanos son importantes constituyentes de la fibra dietaria. El método tradicional para su análisis es el método de Tollens para pentosanos. El método propuesto por Douglas presenta una media para contenido de pentosanos en harina de trigo de 2.09 a 2.55 por ciento (Douglas, 1980).

La fibra dietaria insoluble (FDI) caracterizada en este estudio estuvo conformada por los siguientes constituyentes: almidón resistente, lignina Klason y celulosa; además se determinó la fibra detergente ácida (FDA) observándose las mayores cantidades de almidón resistente en las variedades Salcedo INIA, Centenario y Cupi, cuyos valores se presentan en los Cuadros 10, 11 y 12 que corresponden a 0.98, 0.11 y 0.30 g/g m. Para quinua kiwicha y cañihua respectivamente, observándose que este componente tiene un contenido reducido en cereales andinos y el cual varía de 0.09 a 0.98 g/g m.

El almidón resistente (AR) de hidrólisis enzimática puede ser fisiológicamente definido como la suma del almidón producto de la degradación y del almidón no digerido/ absorbido en el intestino delgado de individuos saludables, pudiendo entre tanto, ser fermentado en el intestino grueso (Champ, 1992; Eerlingen y Delcour, 1995).

Los resultados sobre el contenido de lignina Klason en cereales andinos variaron entre 2.40 y 8.78 g/ 100g. Observándose los valores mayores en las variedades Blanca de juli, Oscar blanco y Ramis que fueron: 3.85, 3.96 y 8.78 g/100g. Para quinua, kiwicha y cañihua respectivamente. Los cuales son datos que representan un buen aporte de este constituyente a la dieta diaria. Los valores antes señalados pueden ser apreciados en los Cuadros 10, 11 y 12.

Al respecto Aguilar (2002) señala que entre las propiedades que posee la lignina tenemos, que pueden ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos, lo que traería consigo los beneficios fisiológicos como reducción de niveles de colesterol, la fibra dietaria de cáscara de camote es la que presenta mayor contenido de lignina 8.90 por ciento seguida por el salvado de cebada 4.82 por ciento, también señalan que especialmente la lignina, absorbe sustancias orgánicas; como ya se mencionó tanto la cáscara de camote

como el salvado de cebada, presentan valores elevados de lignina.

Herranz *et al*. (1981) reportan valores de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) para la vainita de 20.43 y 17.03 por ciento (base seca), respectivamente. Asimismo. Mc connell *et al*. (1974) reportan valores de FDA para la coliflor de 26.7 por ciento y Spiller (1986) reporta valores de FDN para brócoli cocido de 21.4 por ciento; no se encontró reportes de FDN y FDA para los cereales andinos. Señalan también que, en los vegetales españoles estudiados con excepción de la zanahoria y la papa, los valores de FDN se incrementaron cuando estos fueron cocidos, con respecto al contenido de FDA no hay cambio para el espárrago, la coliflor, la col y la zanahoria, mientras que en el resto de los vegetales aumentaron con la ebullición.

Otro importante constituyente que fue caracterizado en este estudio, fue el componente denominado celulosa, que forma parte de los tegumentos externos de los granos andinos. En los Cuadros 10, 11 y 12 pueden apreciarse valores de 5.01, 3.88 y 8.75 g/100g. Correspondientes a las variedades de quinua Salcedo INIA, kiwicha Centenario y cañíhua Cupi respectivamente.

Vidal-Valverde *et al.* (1982) obtuvieron valores de hemicelulosa entre 2.68 a 3.47 por ciento; y valores de celulosa entre 7.02 a 21.37 por ciento para higo fresco, fresa, pera y chirimoya. Matthee *et al.* (1978) citado por Spiller (1986) reportan para brócoli el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina de 2.6, 14.2 y 1.7 por ciento, respectivamente. Herranz *et al.* (1981) reportan el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina para vainita de 13.0, 3.34 y 3.98 por ciento, respectivamente.

OBTENCIÓN DE LAS FRACCIONES DE SALVADO A PARTIR DE CEREALES ANDINOS

Se realizó la obtención de las fracciones de salvados de quinua, kiwicha y cañihua, a partir de las variedades Salcedo INIA, Morocho y Cupi que fueron las muestras que presentaron mayores contenidos de fibra dietaria soluble en granos enteros con valores de 4.68, 2.13 y 3.79 por ciento respectivamente. Se tomó tal elección porque fundamentalmente el objetivo de este trabajo fue aislar la fibra dietaria soluble, fracción a la que se le atribuye las mayores propiedades funcionales y nutraceúticas, como prevenir enfermedades cardíacas y diabetes.

Los granos de quinua, kiwicha y cañihua de las variedades seleccionadas fueron limpiadas; procediéndose posteriormente a la molienda de los mismos, no se realizó acondicionamiento previo de los granos a una determinada humedad, porque el molino Quadrumat Jr que se utilizó trabaja con rangos de contenido de agua que van de 8 a 11 por ciento, los valores que se obtuvieron experimentalmente para los tres cereales andinos escogidos fueron: 10.6, 9.70 y 7.80 por ciento, para las variedades Salcedo INIA, Morocho y Cupi los cuales fueron resultados que se encontraban en el rango de trabajo del mencionado equipo de molienda.

Rendimientos de molienda y tamizado en cereales andinos

En el Cuadro 13 se muestran los rendimientos obtenidos en el molino Quadrumat

Jr. Las fracciones de salvado que se obtuvieron de la operación de molienda fueron posteriormente tamizadas, para mejorar el rendimiento de la extracción de salvado. Los resultados que se obtuvieron en esta etapa pueden ser apreciados en el Cuadro 14. En el desarrollo de esta investigación se consideró salvado a todo aquello de tamaño de partícula mayor a 250 µm.

Rendimiento (g/100g)	**Quinua Salcedo INIA X ± S**	**Kiwicha Morocho X ± S**	**Cañihua Cupi X ± S**
Salvado	41.80 ± 0.10	27.60 ± 0.10	39.90 ± 0.10
Harina	56.90 ± 0.08	70.60 ± 0.30	59.60 ± 0.30
Perdida	1.30 ± 0.06	1.80 ± 0.20	0.50 ± 0.20

Cuadro 13: Rendimientos de molienda en el molino Quadrumat Jr. para Cereales andinos.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

En vista de que las partes de salvado obtenidas después de la realización de la operación de molienda, contenían partículas de harina que no se habían separado bien del salvado (Cuadro 13). Se decidió realizar un tamizado posterior en dichas muestras, con el objetivo de concentrar aun más la fracción rica en fibra dietaria soluble (Cuadro 14), para el posterior aislamiento de las fracciones ricas en fibra soluble e insoluble con la utilización de soluciones neutras y alcalinas de manera más efectiva.

En estudios anteriores se trabajaron tambien con tres variedades de kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen): Cupi, LP-1 y Ramis. La Kañiwa es una planta menos conocida y difundida que la quinua. No obstante, la kañiwa ha contribuido a la sobrevivencia de los pobladores andinos durante cientos de años. Las muestras de kañiwa fueron molidas con un molino Tactor y clasificadas con tamices. El salvado fue separado posteriormente. (Repo, 1998).

Rendimiento (g/100g)	**Quinua Salcedo INIA X ± S**	**Kiwicha Morocho X ± S**	**Cañihua Cupi X ± S**
Salvado[a]	37.20 ± 0.10	38.00 ± 0.30	36.80 ± 0.30
Harina	62.80 ± 0.07	57.00 ± 0.20	63.40 ± 0.08

Cuadro 14: Rendimientos de harina y salvado después de tamizado cereales andinos.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] malla de 250 μm (tamiz número 60 serie de Tyler)

A partir de 100 g de salvados obtenidos en las operaciones previas de molienda, se pudo concentrar las fracciones ricas en fibra dietaria total (FDT), lográndose separar de manera mas efectiva la harina del salvado, como puede apreciarse en el Cuadro 14. Esto

debido a que el tamaño de partícula de los granos andinos como son: quinua, kiwicha y cañihua resultan ser muy pequeños, lo cual dificultó la separación de las dos fracciones durante la molienda (salvado y harina).

En los países productores del área andina se procesa la quinua (limpieza, desamargado y molienda) en forma artesanal o industrial incipiente y se comercializa envasada o a granel. El grano del amaranto no contiene sustancias amargas, lo que facilita su utilización, reduciéndose el proceso previo a la eliminación de impurezas. La consistencia del grano es dura; para facilitar la cocción es recomendable remojarlo previamente durante 12 horas. El grano de cañihua es diminuto, pero libre de saponinas. Después de la cosecha el productor lo guarda con el perigonio (envoltura floral) adherido y generalmente lo vende así o molido (FAO, 1992).

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO EN LOS SALVADOS DE LOS CEREALES ANDINOS SELECCIONADOS

Se realizaron los análisis fisicoquímicos sobre las muestras de salvado, obtenidas a partir de las variedades de cereales andinos que se seleccionaron (Salcedo INIA, Morocho y Cupi); debido a que estas muestras fueron las que presentaron mayores contenidos de fibra dietaria soluble en los granos enteros.

Composición de la fibra dietaria total en las fracciones de salvado de los cultivos andinos seleccionados

La caracterización de los salvados se realizó básicamente con la cuantificación de los componentes mayoritarios de las fracciones solubles e insolubles de la fibra dietaria total (FDT).

Con la operación de tamizado se logró concentrar las fracciones de fibra dietaria total, fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble, dicho procedimiento también permitió disminuir las cantidades de almidón soluble en los salvados de las variedades Salcedo INIA, Morocho y Cupi respectivamente, como puede observarse en el Cuadro 15.

Los resultados de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria soluble (FDS) y fibra dietaria insoluble (FDI) obtenidos en los salvados tamizados fueron de: 24.96, 9.57 y 15.38 por ciento para la variedad de quinua Salcedo INIA, 17.50, 3.76 y 13.74 por ciento para la variedad de kiwicha Morocho y 32.51, 8.21 y 24.29 por ciento, en el caso de la variedad de cañihua Cupi; dichos valores pueden ser apreciados en el Cuadro 15. En los granos enteros los valores fueron menores para los mismos constituyentes de la fibra dietaria total (Figura 10), lo importante de señalar en estos resultados es que se puede evidenciar que gracias a la operación de tamizado se logró concentrar considerablemente las cantidades de las fibras solubles e insolubles.

Componente/Salvado	Quinua, Salcedo INIA X ± S	Kiwicha, Morocho X ± S	Cañihua, Cupi X ± S
Fibra dietaria total [b]	24.96 ± 0.12	17.50 ± 0.12	32.51 ± 0.12
Fibra dietaria soluble [b]	9.57 ± 0.20	3.76 ± 0.20	8.21 ± 0.20
Fibra dietaria insoluble [b]	15.38 ± 0.17	13.74 ± 0.17	24.29 ± 0.17
β-glucanos [b]	2.50 ± 0.20	2.10 ± 0.40	0.30 ± 0.20
Pentosanos [b]	2.41 ± 0.10	2.14 ± 0.30	2.67 ± 0.16
Almidón resistente [b]	0.10 ± 0.04	0.13 ± 0.02	0.11 ± 0.02
Almidón soluble [b]	20.04 ± 0.40	33.68 ± 0.30	16.59 ± 0.20
Lignina Klason [b]	4.02 ± 0.20	3.71 ± 0.07	5.57 ± 0.30
Fibra detergente ácida [b]	7.53 ± 0.03	7.35 ± 0.03	11.80 ± 0.05
Celulosa [b]	3.54 ± 0.14	3.60 ± 0.16	9.17 ± 0.10

Cuadro 15: Componentes de la fibra dietaria total en los salvados de las variedades (Salcedo INIA, Morocho y Cupi).

X: Promedio de 3 repeticiones

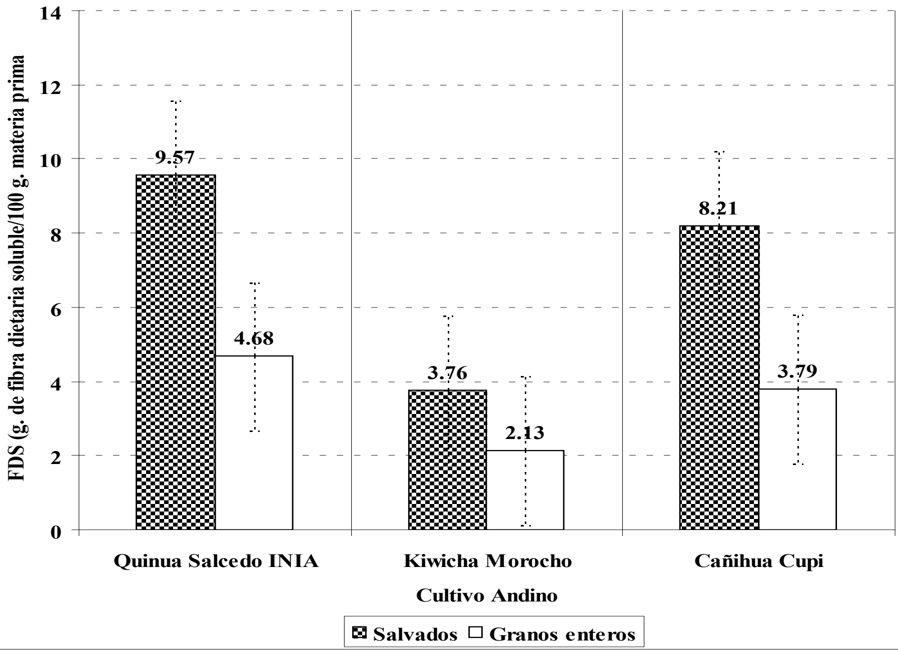
S: Desviación estándar

[b] base húmeda

En lo que concierne a los componentes de la fibra dietaria soluble como son: β-glucanos y pentosanos, se observó que estos constituyentes cuantificados en los salvados tamizados se incrementaron considerablemente (Cuadro 15), esta afirmación puede ser corroborada por el lector, cuando se hacen las comparaciones con los resultados que se obtuvieron en los granos enteros y que pueden apreciarse en los Cuadros 6, 7 y 8.

El almidón resistente presenta bajos contenidos en los cereales andinos en general, observándose que el incremento de dicho componente es mínimo, en los salvados de las variedades seleccionadas (Salcedo INIA, Morocho y Cupi). Los valores de los otros compuestos de la fibra dietaria insoluble, es decir: fibra detergente acida, lignina Klason y celulosa), en los granos enteros, fueron menores a los que se reportan en el Cuadro 15. En el que se muestra los constituyentes de los salvados elegidos. Notándose que existe un aumento de estos componentes en las fracciones tamizadas. En general se puede afirmar que todos los componentes de la fibra dietaria total, tanto la fracción soluble e insoluble sufren una concentración, producto de la realización de las operaciones de tamizado posteriores a la molienda.

Figura 10. Comparacion del contenido de fibra dietaria soluble (FDS) en tres variedades de cereales andinos (grano entero y salvado).



Comentario aparte merece el caso del almidón soluble presente en los granos enteros de los cereales andinos seleccionados. Componente que se logra disminuir considerablemente en los salvados tamizados de las variedades elegidas (Salcedo INIA, Morocho y Cupi), los valores que se presentan en el Cuadro 15 son considerados aun altos debido a que durante la molienda no se logra una buena separación de las fracciones de harina y salvado, esto debido a que estos cereales andinos presentan partículas diminutas como grano.

El interés mundial también se ha expandido en la identificación de fuentes de fibra dietética dentro de los cereales alternativos, como los pseudocereales, debido a los beneficios para la salud, como valiosas fuentes dietéticas de proteínas que pueden digerir las personas con intolerancia o sensibilidad al gluten (Zhu, 2020; Kurek et al., 2018); por otra parte, una mayor ingesta de fracciones de fibra se relaciona con un menor riesgo de enfermedades crónicas como ciertos tipos de cáncer, diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares en humanos, promueven el crecimiento de la microbiota intestinal y regulan positivamente una variedad de funciones fisiológicas (Zhu, 2020; Liu et al., 2020)

Marchisone (2005) afirma, la fibra dietaria es la porción comestible de los vegetales que las enzimas gastrointestinales humanas no pueden digerir. Los distintos componentes se han clasificado según su solubilidad, por su correlación con los efectos fisiológicos. Se clasifican en tres grupos: polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y algunas pectinas), polisacáridos no estructurales (gomas y mucílagos) y Compuestos estructurales no carbohidratados (lignina).

Según Lawther *et al.* (1995) se caracterizaron los polisacáridos estructurales de la broza de trigo, determinando como principales componentes las fracciones celulosa (37.19 - 38.55 por ciento), hemicelulosa (30.28 - 35.01 por ciento) y lignina (14.13 por ciento como lignina clorito de sodio), destacando la xilosa como el principal azúcar en la fracción hemicelulásica, con arabinosa, glucosa y galactosa como constituyentes menores.

EXTRACCIÓN DE LA FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE POR LOS MÉTODOS NEUTRO Y ALCALINO

Para objetos de esta investigación se evaluaron dos métodos de aislamiento, utilizando soluciones neutras y alcalinas propuestas por Dalgetty y Baik (2003) y AOE *et al.* (1993); a partir de los cereales andinos con mayor contenido de fibra soluble que fueron seleccionados (Salcedo INIA, Morocho y Cupi).

Composición fisicoquímica y rendimiento de las fracciones solubles aisladas

Es importante de mencionar que se determinó el componente mayoritario de las fracciones solubles aisladas por los dos métodos sujetos de estudio, además se determinó el rendimiento de extracción de las fracciones solubles que se obtuvieron por ambos procedimientos.

La fibra dietaria obtenida del salvado de cereales constituye un ingrediente típico de los productos alimentarios ricos en fibra, sin embargo, el contenido de fibra dietaria soluble es bajo en la mayoría de ellos (Grigelmo *et al*., 1999).

Componente por variedad	Fibra soluble (método neutro) X ± S	Fibra soluble (método alcalino) X ± S
Quinua Salcedo INIA		
Pentosanos [b]	3.83 ± 0.25	4.85 ± 0.27
Rendimiento [c]	7.78 ± 0.26	4.10 ± 0.21
Kiwicha Morocho		
Pentosanos [b]	5.16 ± 0.26	6.21 ± 0.52
Rendimiento [c]	6.45 ± 0.26	3.92 ± 0.28
Cañihua Cupi		
Pentosanos [b]	5.23 ± 0.34	10.86 ± 0.23
Rendimiento [c]	10.19 ± 0.28	8.42 ± 0.51

Cuadro 16: Composición fisicoquímica y rendimiento de la fracción soluble neutra y alcalina aislada.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

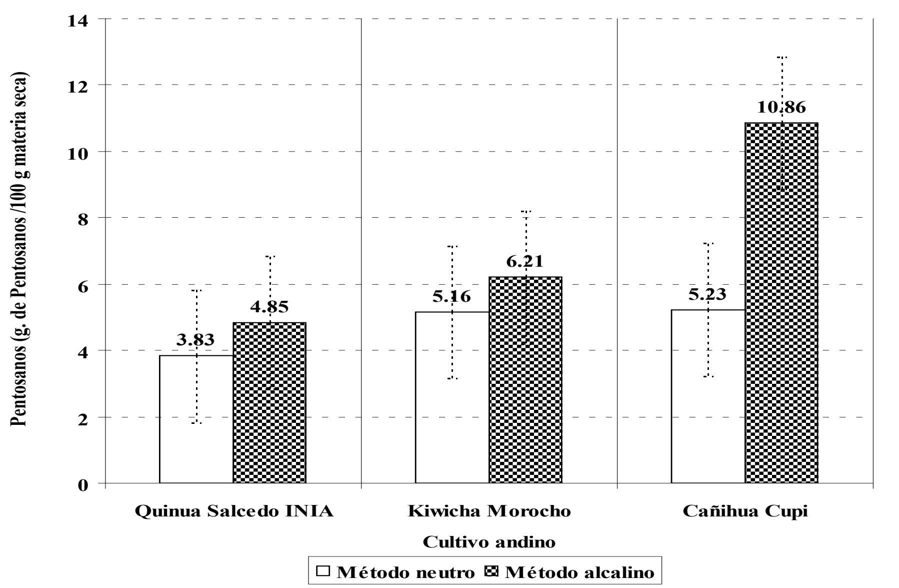
[c] g. fracción soluble seca/100 g. salvado

En lo que respecta al contenido de pentosanos, componentes que forman parte de la fibra dietaria soluble, se puede apreciar en la Figura 11 y Cuadro 16. Que se obtuvieron valores de 4.85, 6.21 y 10.86 g/g m en la fracción soluble alcalina en quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y Cañihua Cupi; dichos valores resultaron mayores a los que se

obtuvieron en las fracciones solubles neutras para quinua, kiwicha y cañihua que fueron de 3.83, 5.16 y 5.23 g/g m respectivamente.

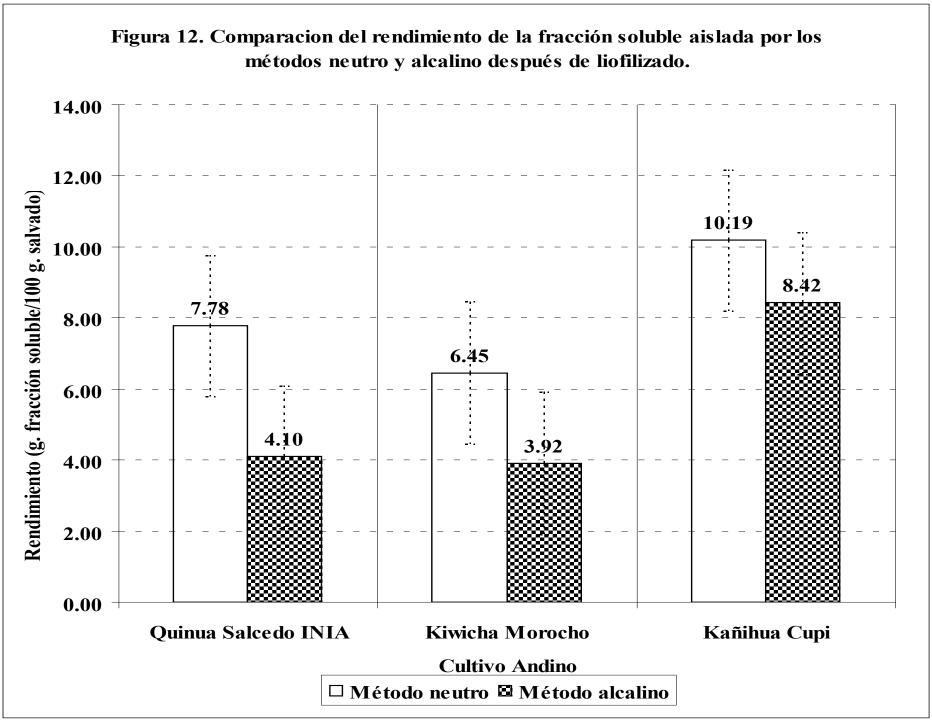
De acuerdo al análisis estadístico (ANVA) se observaron que existen diferencias altamente significativas entre las muestras de cereales andinos, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias significativas entre los pentosanos aislados por el método neutro y los pentosanos aislados por el método alcalino en los tres granos andinos.

Figura 11. Comparación de pentosanos en la fracción soluble métodos neutro y alcalino.



Al respecto Dalgetty y Baik en el (2003) reportan valores de pentosanos en la fracción de fibra soluble para semillas de guisante (*Pisum sativum*) en un 10.2 por ciento de celobiosa, garbanzo (*Cicer arientinum*) un 14.4 por ciento de celobiosa y lentejas (*lens culinaris*) un 10.4 por ciento de celobiosa y 32 por ciento de xilosa expresados en función del porcentaje total de azucares en la fracción de fibra soluble, observándose altos rendimientos y pureza.

Jenkins (2002) comprueba la disminución del índice glicémico en individuos con diabetes insulino no dependiente al consumir dos productos elaborados a base de salvado de avena pero que habían sido enriquecidos con β-glucanos. Reporta que los cereales comerciales de avena contienen solo 4.4 g/100 g de β-glucanos; mientras que la barra y el cereal de avena elaborados contenían: 6.5 y 8.1 g/100 g de β-glucanos, respectivamente, así estiman la reducción del índice glicémico en 3.8 ± 0.5 unidades por gramos de β-glucano en una porción de 50 g de carbohidratos. Una vez más se reporta el efecto de la fibra soluble en el aumento de la viscosidad gastrointestinal.



El método neutro resultó con mayores rendimientos en comparación con el método alcalino, como se muestra en el Cuadro 16 y Figura 12 respectivamente. En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras evaluadas, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de cereales andinos en lo que respecta a rendimientos.

Al respecto Dalgetty y Baik (2003) desarrollaron un método de aislamiento eficiente de fibra soluble a partir de leguminosas cotiledóneas, semillas de guisante (*Pisum sativum*), garbanzo (*Cicer arientinum*) y lentejas (*Lens culinaris*), con altos rendimientos y pureza. La fibra dietaria soluble fue aislada de la fracción obtenida de los solubles seguida de una precipitación de las proteínas a pH 4. El rendimiento de fibra soluble fue de 83.3 a 89.6 por ciento a partir de la fibra soluble contenida en la harina, la pureza de estos aislados estuvo en un rango de 64.5 a 70.6 por ciento.

Aoe *et al.* (1993) estudió la influencia de los reactivos de extracción sobre las propiedades de la fibra dietaria soluble en salvado de arroz desengrasado. Los reactivos de extracción examinados fueron: hidróxido de sodio pH 14, hidróxido de calcio pH 12, carbonato de sodio pH 11, ácido acético pH 3 y ácido clorhídrico pH 0.5, la composición, contaminación de la proteína, y coloración de la fibra soluble variaron considerablemente con la extracción utilizando los reactivos. Los resultados indicaron que el hidróxido de calcio es el más apropiado para la extracción de fibra soluble a partir de salvado de arroz desengrasado, porque estos tenían el menor color, una composición deseable y buen

rendimiento de 66.8 por ciento expresado como polisacáridos no celulósicos.

Composición fisicoquímica y rendimiento de las fracciones insolubles aisladas

Componente	Fibra insoluble neutra X ± S	Fibra insoluble alcalina X ± S
Fibra dietaria total [b]	64.39 ± 0.21	41.63 ± 0.18
Fibra dietaria insoluble [b]	58.55 ± 0.21	36.83 ± 0.18
Fibra dietaria soluble [b]	5.84 ± 0.21	4.80 ± 0.18
Almidón resistente [b]	0.10 ± 0.09	0.70 ± 0.05
Lignina Klason [b]	28.48 ± 0.07	10.44 ± 0.02
Fibra detergente ácida [b]	65.61 ± 0.09	82.95 ± 0.27
Celulosa [b]	24.48 ± 0.31	14.95 ± 0.38
Rendimiento [c]	18.15 ± 0.21	16.45 ± 0.22

Cuadro 17: Composición fisicoquímica y rendimiento de la fracción insoluble neutra y alcalina en quinua Salcedo INIA.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

[c] g. fracción insoluble seca/100 g. materia prima

Componente	Fibra insoluble neutra X ± S	Fibra insoluble alcalina X ± S
Fibra dietaria total [b]	63.62 ± 0.11	47.26 ± 0.16
Fibra dietaria insoluble [b]	59.85 ± 0.11	44.35 ± 0.16
Fibra dietaria soluble [b]	3.77 ± 0.11	2.91 ± 0.16
Almidón resistente [b]	0.13 ± 0.10	0.83 ± 0.03
Lignina Klason [b]	44.29 ± 0.06	21.19 ± 0.06
Fibra detergente ácida [b]	58.27 ± 0.14	75.66 ± 0.13
Celulosa [b]	26.40 ± 0.18	16.74 ± 0.20
Rendimiento [c]	16.20 ± 0.28	14.82 ± 0.24

Cuadro 18: Composición fisicoquímica y rendimiento de la fracción insoluble neutra y alcalina en kiwicha Morocho.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[b] base húmeda

[c] g. fracción insoluble seca/100 g. materia prima

Componente	Fibra insoluble neutra X ± S	Fibra insoluble alcalina X ± S
Fibra dietaria total [b]	82.21 ± 0.07	53.39 ± 0.13
Fibra dietaria insoluble [b]	77.95 ± 0.03	49.17 ± 0.09
Fibra dietaria soluble [b]	4.26 ± 0.05	4.22 ± 0.06
Almidón resistente [b]	0.42 ± 0.06	0.44 ± 0.01
Lignina Klason [b]	59.86 ± 0.03	34.71 ± 0.07
Fibra detergente ácida [b]	42.97 ± 0.17	56.26 ± 0.16
Celulosa [b]	46.13 ± 0.44	33.98 ± 0.46
Rendimiento [c]	35.71 ± 0.13	32.55 ± 0.21

Cuadro 19: Composición fisicoquímica y rendimiento de la fracción insoluble neutra y alcalina en cañihua Cupi.

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

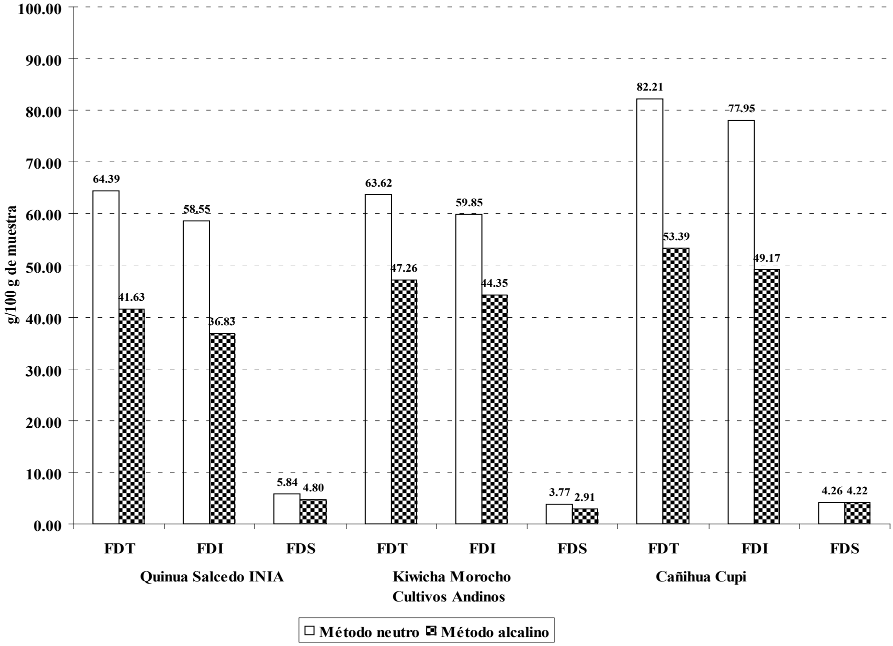
[b] base húmeda

[c] g. fracción insoluble seca/100 g. materia prima

Se realizó la caracterización fisicoquímica de las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos, para determinar el contenido de los principales constituyentes de la FDI, así como también determinar el valor residual de FDS en los aislados, el rendimiento se cuantificó para determinar la eficiencia de la extracción por ambos métodos (neutro y alcalino).

En los Cuadros 17, 18 y 19, se muestran los resultados de la fibra dietaria total y sus constituyentes en las fracciones insolubles de las variedades seleccionadas, aisladas por los dos métodos. Se puede observar también que en el Cuadro 17, la fracción de Salcedo INIA insoluble y obtenida por el método neutro, presentó el mayor contenido de FDT (64.39 g/100 g) para quinua. En el caso de kiwicha la variedad con mayor contenido de FDT, fue Morocho con un valor de 63.62 g/100g (Cuadro 18); siendo la cañihua Cupi con un resultado de 82.21 g/100g, la que presentó mayor contenido de FDT para los tres cereales andinos (Cuadro 19). Es necesario mencionar que el método alcalino fue el que presentó menores contenidos de FDT en los tres casos de granos andinos que se analizaron. En la Figura 13 se puede apreciar que el método neutro es el que contiene mayor cantidad de fibra dietaria total (FDT) y sus fracciones (soluble e insoluble), en comparación con el método alcalino.

Figura 13. Comparación de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS) en las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos a partir de salvados de los cereales andinos seleccionados.



En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras para contenidos de fibra dietaria total, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de fracción insoluble analizadas para el constituyente FDT de los cereales andinos que se estudiaron.

El método neutro es el que presentó mayores contenidos de fibra dietaria insoluble (59.85, 59.85 y 77.95 g/100 g) para quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi respectivamente. Lo cual puede evidenciarse en los Cuadros 17, 18 y 19. En el caso de la fibra dietaria soluble para la quinua, kiwicha y cañihua se reportan valores de (5.84 g/100g, 3.77 g/100g y 4.26 g/100g) apreciables en los mismos cuadros. Cuando se compararon con los valores de las fracciones obtenidas por el método alcalino, estos resultaron ser menores en fibra dietaria insoluble y fibra dietaria soluble; notándose que todavía quedaron cantidades residuales de fibra soluble que no fueron del todo extraídas en las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos, como puede apreciarse en la Figura 13.

En el análisis estadístico (ANVA), se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras que se reportaron para FDI por cada grano, también sucedió lo mismo en el caso de FDS para las variedades de quinua Salcedo INIA y Kiwicha Morocho por separado; en lo que respecta a la cañihua Cupi no existen diferencias altamente significativas entre las muestras para FDS, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de la fracción insoluble para FDI en los tres cereales y en el caso de la FDS también existen diferencias entre

cada una de las muestras de los cereales de quinua y kiwicha. Por otro lado, no existen diferencias entre las muestras de la cañihua en el contenido de FDS aislada por ambos métodos.

Dalgetty y Baik (2003) desarrollaron un método de aislamiento eficiente de fibra a partir de leguminosas cotiledóneas, semillas de guisantes (*Pisum sativum*), garbanzos (*Cicer arientinum*) y lentejas (*lens culinaris*), con altos rendimientos y pureza. La fibra dietaria soluble fue aislada de la fracción de agua soluble y la de fibra insoluble aislada de la fracción de residuos. La arabinosa fue el principal azúcar de la fibra insoluble que además mostró significativamente alta capacidad de hinchamiento, retención de agua y aceite.

Mantey (1999) evaluó seis genotipos de avena analizadas en contenido de fibra dietaria soluble e insoluble además de la extracción de ambas fracciones por un método de extracción con soluciones neutras.

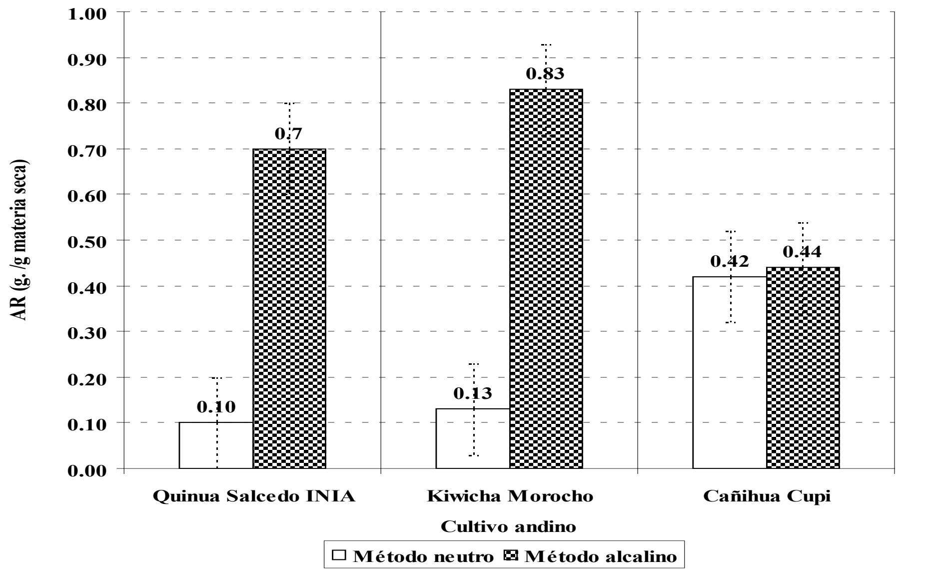
Aoe *et al.* (1993) estudió la influencia de los reactivos de extracción sobre las propiedades de la fibra dietaria soluble en salvado de arroz desengrasado. Los reactivos de extracción examinados fueron: hidróxido de sodio pH 14, hidróxido de calcio pH 12, carbonato de sodio pH 11, ácido acético pH 3 y ácido clorhídrico pH 0.5, la composición, contaminación de la proteína, y coloración de la fibra soluble variaron considerablemente con la extracción utilizando los reactivos. Los resultados indicaron que el hidróxido de calcio es el más apropiado para la extracción de fibra soluble a partir de salvado de arroz desengrasado, porque estos tenían el mejor color, una composición deseable y buen rendimiento además de retener actividad hipocolesterolémica.

Cheung y Chau (1998) indicaron que el contenido de FDT para las harinas de leguminosa cocidas se incremento con el tiempo de cocción. El máximo porcentaje de incremento en las harinas de leguminosas cocidas fue de 47.8 por ciento. En las muestras de caigua disminuyó el contenido de FDT diferente al reporte anterior para leguminosas cocidas.

Pak (2000) reporta valores de FDI, FDS y FDT para la alcachofa cocida de 22.5, 25.0 y 45.5 g/ 100 g ms, y para el pimentón valores de 29.8, 11.2 y 41.0 g/ 100 g ms, respectivamente; por otro lado, Lee (1995) reporta valores de FDI, FDS y FDT para la zanahoria de 16.2, 10.4 y 26.6 por ciento, respectivamente y para el salvado de trigo valores de 41.1, 2.9 y 44.0 por ciento, respectivamente.

De acuerdo a Cheung y Chau (1998) el contenido de NSP solubles de las leguminosas cocidas aumentó debido a la solubilización de las sustancias pécticas como resultado de la disolución de las laminillas medias y la ruptura de las pectinas a través de la β-eliminación durante la ebullición.

Figura 14. Comparación de almidón resistente (AR) en las fracciones insolubles aisladas por los métodos neutro y alcalino en cereales andinos.



Svanberg *et al.* (1997) reporta valores de FDI, FDS y FDT para frijoles de 23.9, 11.1, y 35.0 g/100 g ms, respectivamente.

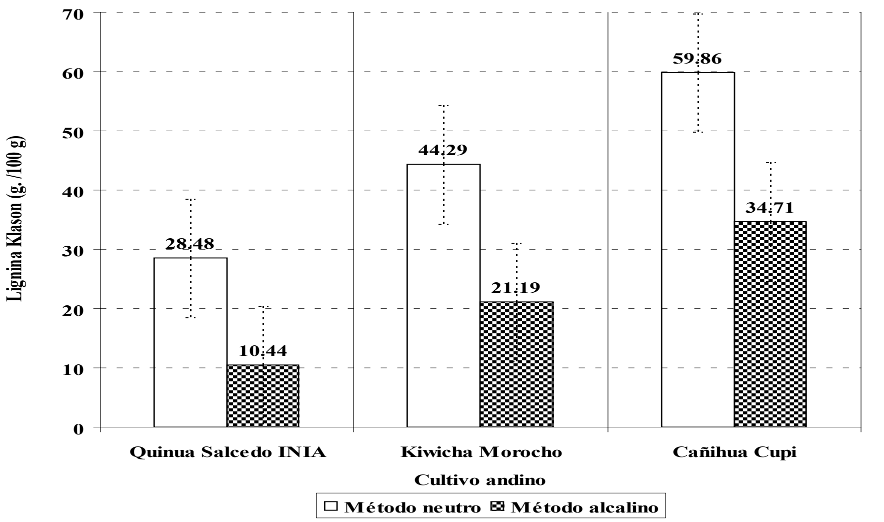
En los Cuadros 17, 18 y 19 se muestran también los valores de almidón resistente (AR) que se cuantificaron en las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos (neutro y alcalino). Se puede apreciar en la Figura 14 que los mayores contenidos de este constituyente se presentan en el método alcalino (0.70, 0.83 y 0.44 g/g m) y menores valores en el método neutro (0.10, 0.13 y 0.42 g/g m) para quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi respectivamente, notándose en ambos casos que la presencia de este componente en los cereales andinos es mínima, tanto en las fracciones aisladas como en los granos enteros y salvados que se caracterizaron previamente.

En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras de quinua Salcedo INIA y kiwicha morocho por separado para almidón resistente, observándose también que no existen diferencias altamente significativas para almidón resistente entre las muestras de cañihua Cupi, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de fracción insoluble en quinua y kiwicha para almidón resistente, realizándose la misma prueba se determinó que no existen diferencias entre las muestras de cañihua.

Hay numerosos compuestos que se pueden incluir dentro de la fibra dietaria como almidón resistente, proteína resistente, compuestos de la reacción de mayllard. Oligosacáridos no digeribles y sales de acido fítico. Estos compuestos llegan al colon y producen efectos similares a los producidos por los polisacáridos de la pared celular. El incluir estas sustancias dependerá si la definición adoptada es la fisiológica, en cuyo caso podrían incluirse, o la química, lo que supondría su exclusión (Hernández *et al.*, 1995).

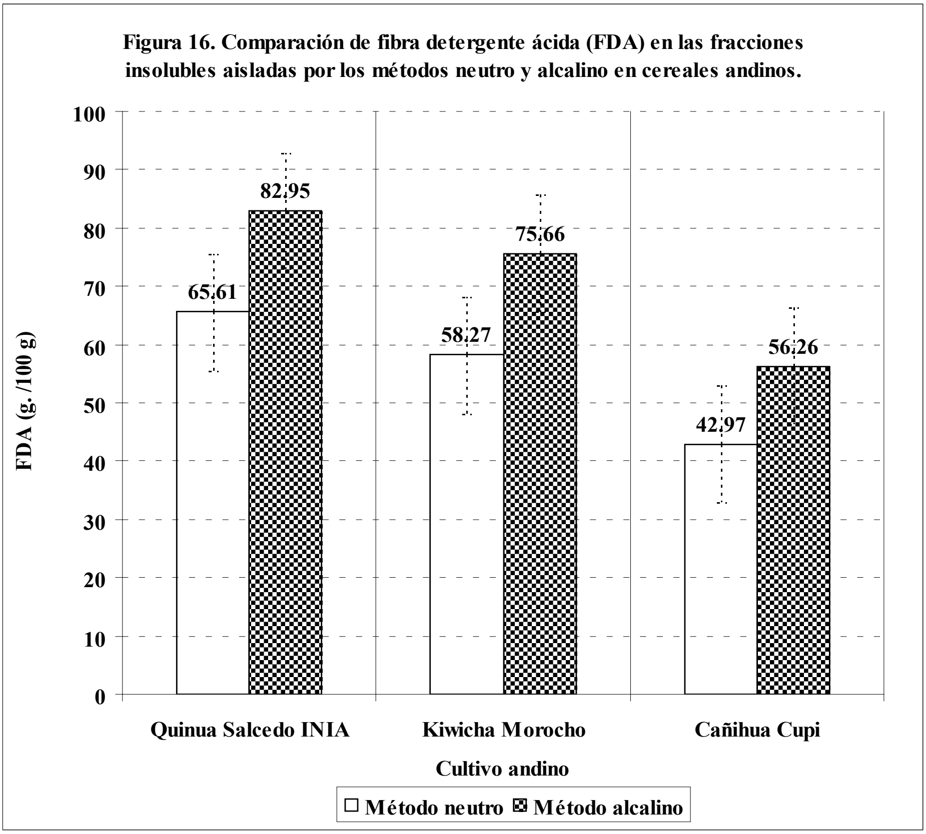
Saura-Calixto (1995) señala que el almidón denominado almidón resistente, escapa a la acción de las enzimas digestivas y llega, al igual que la fibra, al colon sin degradarse y allí es fermentado en su mayor parte. Esta fracción de almidón se incrementa con el procesado y conservación de los alimentos y puede llegar a suponer el 20 % del total. De los oligosacáridos es bien conocida su capacidad de fermentación y producción de gases, aunque esto es sólo una parte de su acción fisiológica.

Figura 15. Comparación de lignina Klason (LK) en las fracciones insolubles aisladas por los métodos neutro y alcalino en cereales andinos.



En la Figura 15 puede apreciarse que, para el caso del componente denominado lignina Klason, el método que permitió obtener mayores contenidos en este constituyente fue el del procedimiento alcalino (28.48, 44.29 y 59.86 g/100g) para quinua, kiwicha y cañihua respectivamente, observándose también que con la utilización del protocolo neutro se obtuvieron valores menores (10.44, 21.19 y 34.71 g/ 100g) para los mismos cereales andinos. Los resultados mencionados anteriormente se muestran en los Cuadros 17, 18 y 19.

En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las distintas muestras de cada cereal andino y el método evaluado, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de fracción insoluble de cada cereal andino para lignina Klason.



En lo que respecta al contenido de fibra detergente ácida (FDA), el método que permite obtener mayores contenidos en este componente, es el que utiliza soluciones alcalinas con valores de (82.95, 75.66 y 56.26 g/100g) en comparación con el método neutro en el que se reporta (65.61, 58.27 y 42.97 g/100g), dichos resultados son apreciables en la Figura 16 y Cuadros 17, 18 y 19 respectivamente.

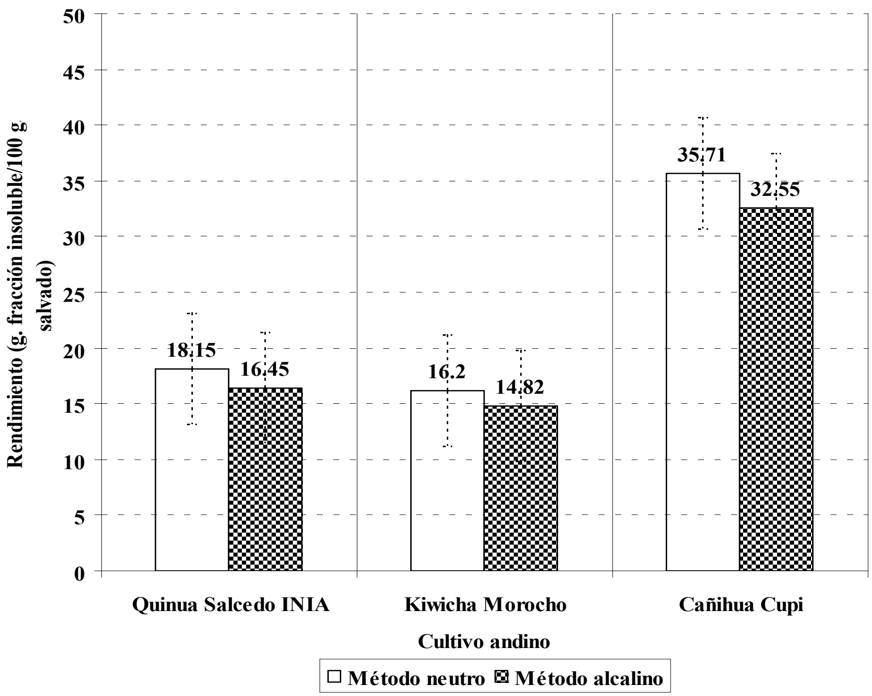
En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras de cereales andinos para el componente FDA por cada método de extracción, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de fracción insoluble para fibra detergente ácida.

La celulosa fue otro constituyente sujeto de análisis en la fracción insoluble que se aisló, por los dos métodos (neutro y alcalino); para este componente se reportan resultados en los cereales andinos seleccionados (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi). En los Cuadros 17, 18 y 19 con valores de 24.48, 26.4 y 46.13 g/100g y 14.95, 16.74 y 33.98 g/100g para los métodos neutro y alcalino respectivamente. Observándose en la Figura 17 que los que presentaron mayores contenidos de celulosa, fueron los granos andinos de los cuales se aisló la fracción insoluble por el método neutro.

El análisis estadístico (ANVA) mostró que existen diferencias altamente significativas

entre las muestras, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de fracción insoluble para celulosa.

Figura 18. Comparacion del rendimiento de la fracción insoluble aislada por los métodos neutro y alcalino después de liofilizado.



En la Figura 18 se muestra la comparación de rendimientos entre los dos métodos de aislamiento de fibras, notándose que se obtienen mayores rendimientos utilizando el método neutro (18.15, 16.20 y 35.71 g. fracción insoluble/100 g. salvado) en comparación con el método alcalino que presenta valores de (16.45, 14.82 y 32.55 g. fracción insoluble seca/100 g. salvado), para los salvados seleccionados de las variedades quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi, dichos valores son apreciables también en los Cuadros 17, 18 y 19.

En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de las variedades de los granos para rendimientos.

Propiedades tecnofuncionales de las fibras solubles e insolubles

La determinación de las propiedades tecnofuncionales de una fibra, son de suma utilidad, ya que brinda información que debe tomarse en cuenta en función al destino del producto y las propiedades sobre las cuales se pretende comercializar.

Viscosidad de las variedades de cereales andinos	Fibra soluble neutra X ± S	Fibra soluble alcalina X ± S
Quinua Salcedo INIA		
Viscosidad [a]	2.89 ± 0.02	2.48 ± 0.01
Kiwicha Morocho		
Viscosidad [a]	2.71 ± 0.01	2.69 ± 0.02
Cañihua Cupi		
Viscosidad [a]	2.88 ± 0.01	2.38 ± 0.01

Cuadro 20: Viscosidad de las fracciónes solubles, neutra y alcalina.

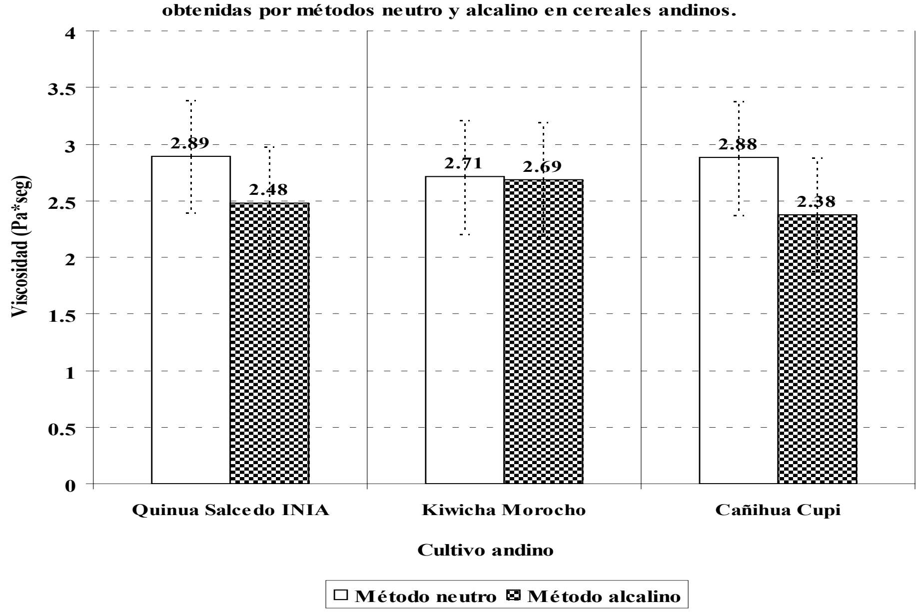
X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] Pa*seg

La viscosidad de las soluciones de fibra soluble al 3 por ciento (peso/volumen); fueron medidas con un viscosímetro rotacional Brookfield a temperatura de 24 °C, en dicho procedimiento se observó que las fibras solubles aisladas por el método neutro presentaron mayores viscosidades (2.89, 2.71 y 2.88 Pa*seg) en comparación de las viscosidades de las fracciones de fibra soluble aisladas por el método alcalino (2.48, 2.69 y 2.38 Pa*seg). Los resultados fueron obtenidos en los dos casos a partir de las variedades seleccionadas previamente (Salcedo INIA, Morocho y Cupi) dichos valores pueden ser apreciados en el Cuadro 20. Puede notarse también en la Figura 19 que la diferencia de viscosidades entre las soluciones de todas las fracciones de fibra soluble fue mínima y esta varía entre 2.38 a 2.89 Pa*seg.

Figura 19. Comparación de las viscosidades en las fracciones solubles obtenidas por métodos neutro y alcalino en cereales andinos.



En el análisis estadístico (ANVA) se observó que no existen diferencias altamente significativas entre las viscosidades de las muestras de las fracciones de fibra soluble en la variedades quinua Salcedo INIA y kiwicha Morocho, en lo que respecta a la viscosidad de la variedad de cañihua Cupi se notó que existen diferencias altamente significativas; de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) no existen diferencias entre las muestras de soluciones de fibras solubles aisladas a partir de la variedades quinua Salcedo INIA y kiwicha Morocho, por el contrario si existen diferencias en las viscosidades de la variedad cañihua Cupi.

Dalgetty y Baik (2003) desarrollaron un método de aislamiento eficiente de fibra soluble a partir de leguminosas cotiledóneas, semillas de guisante (*Pisum sativum*), garbanzo (*Cicer arientinum*) y lentejas (*lens culinaris*), la fibra dietaria soluble fue aislada de la fracción de agua soluble obtenida y finalmente liofilizada, posteriormente se midió la densidad de dichas fibras obteniéndose valores de 3.13, 3.18 y 3.43 Pa*seg para las fibras solubles extraídas a partir de guisante, garbanzo y lenteja respectivamente. Como puede apreciarse los valores obtenidos para los cereales andinos (quinua, kiwicha y cañihua) son inferiores que los obtenidos en las leguminosas cotiledóneas mencionadas anteriormente.

Propiedad	Fibra insoluble neutra X ± S	Fibra insoluble alcalina X ± S
Quinua Salcedo INIA		
CRA[a]	5.23 ± 0.13	2.49 ± 0.09
CAA[b]	4.70 ± 0.03	3.16 ± 0.05
CAMO[c]	5.83 ± 0.04	0.70 ± 0.11
Kiwicha Morocho		
CRA[a]	4.20 ± 0.07	3.04 ± 0.18
CAA[b]	5.28 ± 0.05	4.03 ± 0.08
CAMO[c]	4.81 ± 0.20	2.77 ± 0.47
Cañihua Cupi		
CRA[a]	5.31 ± 0.12	4.28 ± 0.19
CAA[b]	6.01 ± 0.02	5.23 ± 0.07
CAMO[c]	4.95 ± 0.47	2.60 ± 0.06

Cuadro 21: Propiedades tecnofuncionales de la fracción insoluble neutra y alcalina

X: Promedio de 3 repeticiones

S: Desviación estándar

[a] Capacidad de retención de agua (g. Agua/g sólido)

[b] Capacidad de absorción de agua (mL. Agua/g sólido)

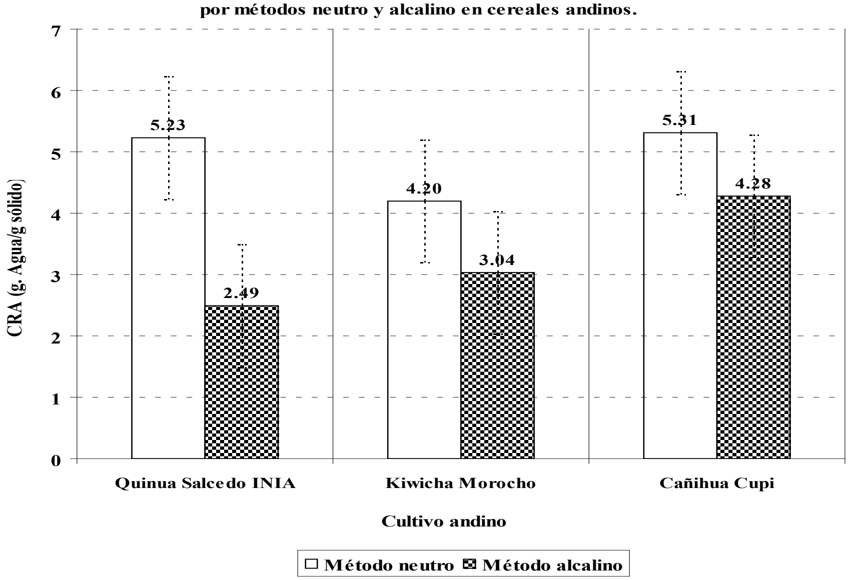
[c] Capacidad de retención de muestra orgánica (g. Aceite/g sólido)

En el Cuadro 21 se muestran los valores de capacidad de retención de agua (CRA) promedio, correspondientes a las fracciones insolubles aisladas, obtenidos por ambos métodos (neutro y alcalino), a partir de los salvados de cereales andinos seleccionados (Salcedo INIA, Morocho y Cupi), se puede observar también que en la Figura 20 las muestras que presentaron mayores valores de CRA corresponden a las muestras obtenidas por el método neutro (5.23, 4.20 y 5.31 g. agua/g sólido) respectivamente. Los valores obtenidos para CRA en el método alcalino fueron de 2.49, 3.04 y 4.28 g agua/g sólido, para quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi. El lector puede corroborar que

dichos resultados resultan menores que los obtenidos en el método neutro observando la Figura 20.

En el análisis estadístico (ANVA) se observó que no existen diferencias altamente significativas entre las muestras de cereales andinos para CRA, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) no existen diferencias entre cada una de las muestras para CRA.

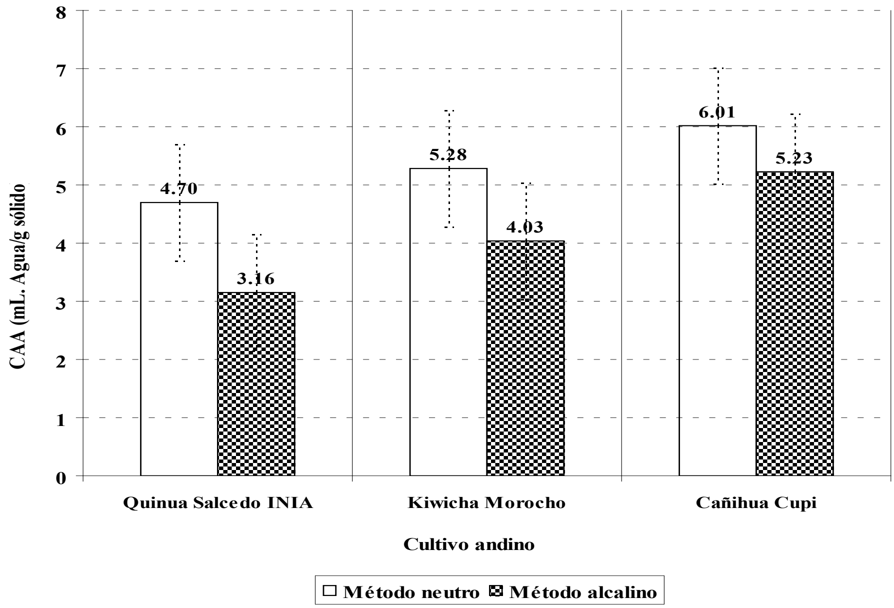
Figura 20. Capacidad de retención de agua en las fracciones solubles obtenidas por métodos neutro y alcalino en cereales andinos.



En el Cuadro 21 se muestran los valores promedio obtenidos para CAA, correspondientes a las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos, se puede observar también en la Figura 21 que las muestras que presentan mayores valores de CAA corresponden a las muestras obtenidas por el método neutro (4.70, 5.28 y 5.23 mL. Agua /g sólido) para quinua, kiwicha y cañihua respectivamente.

En el análisis estadístico (ANVA) se observó que no existen diferencias altamente significativas entre las muestras para CAA, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) no existen diferencias entre cada una de las muestras para CAA en los cereales andinos.

Figura 21. Capacidad de absorción de agua en las fracciones solubles obtenidas por métodos neutro y alcalino en cereales andinos.

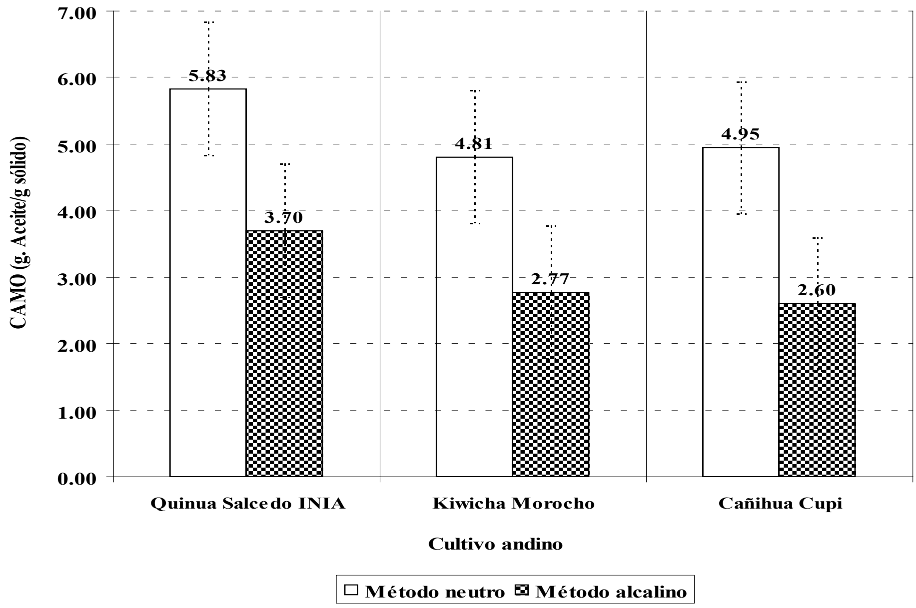


En la Figura 22 puede apreciarse que las fracciones insolubles aisladas por el método neutro, son las que presentan mayores capacidades de absorción de muestra orgánica (CAMO), con valores de 5.83, 4.81 y 4.95 g agua/g sólido. Como puede observarse en el Cuadro 21. En el análisis estadístico (ANVA) se observó que existen diferencias altamente significativas entre las muestras para CAMO, de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey ($p<0.05$) existen diferencias entre cada una de las muestras de la fracción insoluble aislada de las variedades seleccionadas (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi).

A continuación, se reportan los siguientes valores de CRA encontrados en la literatura: Según Chen *et al.* (1984) reportan valores de 2.34, 1.04 y 2.63 g agua/g ms para manzana, salvado de arroz y salvado de trigo, respectivamente; por otro lado, McConnell *et al.* (1974) presenta valores de 2.08 y 1.68 g agua/g ms para zanahoria y col de Bruselas, Así también Mongeau y Brassard, (1982) menciona datos desde 0.77 a 4.43 g agua/g ms para cereales de desayuno.

Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) reportan CAMO de 1 g aceite/g fibra y CRA desde 9.12 a 12.09 g agua/g fibra para concentrado de durazno. Sosulski y Cadden (1982) reportan CRA y CAA de 8.05 g agua/g y 1.8 g aceite/g ms para cáscara de linaza y 2.55 g agua/g y 0.8 g aceite/g ms para cáscara de guisante, respectivamente. Prakongpan *et al.* (2002) reportan CRA de 12.16 g agua/g fibra y CAA de 3.91 g aceite/g fibra para corazones de piña.

Figura 22. Capacidad de retención de muestra orgánica en las fracciones solubles obtenidas por métodos neutro y alcalino en cereales andinos.



Zambrano *et al.* (2001) afirma que; la determinación de las propiedades funcionales de una fibra, como la capacidad de retención de aceite, es de suma utilidad, ya que brinda información que debe tomarse en cuenta en función al destino del producto y propiedades sobre las cuales se pretende comercializar.

La capacidad de retención de agua de una fibra es una propiedad funcional de la que depende en gran medida su nivel de incorporación en la formulación y procesamiento de alimentos ricos en fibra, hallándose influenciada por factores como el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica del medio (Zambrano et al, 2001).

Fernández y Rodríguez (2001) evaluaron los salvados de trigo y cebada, no hallándose diferencias significativas en cuanto a la densidad aparente y la capacidad de retención de agua, propiedades que si se vieron afectadas por la diferente granulometría obtenida al emplearse dos tipos de molino; la reducción del tamaño de partícula, de 410 a 250 um, trajo como consecuencia la disminución de las capacidades de retención de agua y aceite en un 20 y 50 % respectivamente.

Aguilar (2002) evaluó la capacidad de retención de agua y esta varió entre 4.27-4.62 g agua/g fibra, mientras que la capacidad de retención de aceite varió entre 2.03-2.35 g aceite /g fibra para residuos de cascaras de naranja.

Los beneficios a la salud que produce el consumo de fibra dietaria de granos de cereal tienen un interés que va en incremento. La fibra dietaria es la porción de los cereales que no se digiere en el intestino delgado (Stephen, 1994).

Prakongpan *et al.* (2002) indicaron que fuentes de fibra dietética con alta CRA y CAA no solo son empleadas en la elaboración de alimentos, sino como tales para mejorar las

funciones gastrointestinales.

Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) mencionan que el concentrado de durazno es una excelente fuente de FD y un buen ingrediente funcional en los alimentos, debido a su alta CRA podría ser usado para evitar sinéresis y para modificar la viscosidad y textura en la elaboración de alimentos. La CAA es otra propiedad de algunos ingredientes que permite la estabilización de productos alimenticios con alto contenido de grasa y emulsiones.

Sosulski y Cadden (1982) mencionan que la semilla de psyllium, la cáscara de linaza y la cáscara de mostaza mostraron niveles altos de CRA debido a su contenido de mucílago, en cambio, la cáscara de guisante fuente rica en celulosa presentó baja CRA. Por otro lado, la cáscara de girasol fuente de fibra rica en lignina mostró niveles altos de CAMO.

CONCLUSIONES

Entre los componentes de las variedades de los cereales andinos estudiados en granos enteros (quinua, kiwicha y cañihua); destaca su contenido en fibra dietaria total (FDT), la que varió entre 9.29 y 20.04 por ciento, componente conformado por la fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS).

Las variedades de quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi fueron las que presentaron mayores contenidos de FDS en grano entero (4.68, 2.13 y 3.79 por ciento) respectivamente. En comparación con las otras variedades de cada cereal andino que se estudió.

Con la realización de las operaciones de molienda y tamizado se logró concentrar las fracciones de FDT, FDI y FDS en los salvados de las variedades seleccionadas de granos andinos: quinua (Salcedo INIA), kiwicha (Morocho) y cañihua (Cupi).

Las fracciones insolubles obtenidas por ambos métodos presentan un elevado contenido en FDT, especialmente FDI y los componentes que a esta constituyen (lignina y celulosa). Con respecto al almidón resistente se demostró que los cereales andinos son deficitarios en este componente.

Un elevado contenido de pentosanos se logra obtener en las fracciones solubles aisladas por los dos métodos, sin embargo, se cuantificaron residuales de FDS en las fracciones insolubles que se obtuvieron. Las viscosidades de las muestras obtenidas por ambos métodos no presentan diferencias significativas.

La fracción insoluble aislada por el método neutro presentó mejores propiedades tecnofuncionales (CRA, CAA y CAMO).

El método neutro resultó ser más apropiado que el método alcalino, para el aislamiento de las fracciones de fibra soluble e insoluble a partir de los salvados obtenidos de los cereales andinos seleccionados (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi).

RECOMENDACIONES

Realizar estudios *in vitro* e *in vivo* de la capacidad de reducción de colesterol de las fibras aisladas por ambos métodos a partir de (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi).

Estudiar *in vivo* el efecto hipoglicémico del consumo de diferentes muestras de fibras aisladas a partir de cereales andinos.

Evaluar tecnológicamente la incorporación de las fibras aisladas en la producción de alimentos funcionales y nutraceúticos.

Realizar la determinación de los otros componentes de la fracción soluble aislada (acidos urónicos, ácidos fíticos, pectinas, gomas y mucílagos).

Caracterizar los residuos producidos en las diferentes etapas del proceso de extracción de fibra soluble e insoluble por ambos métodos.

REFERENCIAS

AACC. (2002). American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. 10th Ed. The Association: St. Paul, MN.

Acosta, S. (1942). El problema de la alimentación y la agricultura. Revista de Agricultura, N° 33, Quito, Ecuador.

AEDES. (1999). SERIE: Cultivos Orgánicos: Como cultivar quinua, kiwicha y cañihua orgánica. La Unión Arequipa-Perú.

ADEX. (1996). Quinua. Estudio de la demanda. Convenio ADEX / USAID / MSP / COSUDE. Lima-Perú.

ADEX. (2017, 03 de Julio). Sostenibilidad en cultivos de granos andinos afianzará su posicionamiento en el mundo [Comunicado de prensa]. https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/sostenibilidad-en-cultivos-de-granos-andinos-afianzara-su-posicionamiento-en-el-mundo/

Aguilar, A. (2002). Características físico-químicas de fibra y mezclas de fibra dietaria obtenidas a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*), salvado de cebada (*Hordeum vulgare*) y cáscara de camote (*Ipomoca botatas (L.)* lam). Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. UNALM. Lima. Perú.

Alvarado, M. y Pacheco, E. (1999). Fibra dietética en el residuo industrial del tomate y su efecto sobre la respuesta glicémica y el colesterol sérico en ratas. Archivos Latinoamericanas de Nutrición. 49 (2): 138-142.

Antequera, F. (2001). La fibra dietaria. Disponible en: <http://www.zonadesalud.org> [consulta: 04 marzo 2008].

ANTÚNEZ DE MAYOLO, S. 1981. La nutrición en el antiguo Perú. Banco Central de Reserva. Lima.

AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. Official Methods of Analysis of the AOAC.

AOAC. (2015). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. Official Methods of Analysis of the AOAC.

AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. Official Methods of Analysis of the AOAC.

AOAC. (2002). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. Official Methods of Analysis of the AOAC.

AOE, S., Oda, T., Tatsumi, K., Yamauchi, M. & Ayano, Y. (1993). Extraction of soluble Dietary fibers from defatted rice Bran. *American Association of Cereal Chemists, Inc. 70* (4), AACC.

Ayala, G. (1995). Raíces andinas contribuciones al conocimiento y la capacitación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Badui, S. (1995). Química de los Alimentos. Segunda reimpresión. Editorial Alambra Mexicana. S.A. de C.V. México.

Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, S., Jäger, M. (editores). (2010). Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. Bioversity International, Roma, Italia.

Baldeón, E. (2004). Evaluación de las propiedades físico químicas de la caigua (*Cyclanthera pedata* L.) deshidratada como fuente de fibra dietética. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. UNALM. Lima. Perú.

Bastardo, G. y Ramírez, M. (2001). Efecto de la fibra dietética no soluble sobre los lípidos séricos en ratas. Universidad de los Andes. Venezuela. *Revista Médula,* 2, 64-69.

Belitz, H. y Grosch, W. (1997). Química de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. de C. V. México.

Bernalte, M., Hernández, M., y Carballo, G. (1995). Contenido en fibra dietética de espárrago blanco fresco y almacenado en refrigeración alimentaria. Abril. 43-47.

Bressani, R. (1989). The proteins of grain amaranth. *Foods Reviews International.* 51: 1338.

BIOVERSITY INTERNATIONAL, FAO, PROINPA, INIAF Y FIDA. (2013). Descriptores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

Brownlee, I.A. (2011). The physiological roles of dietary fibre. Food Hydrocoll. 25, 238250.

Cameron, D. & Collier, G. (1994). Effect of soluble dietary fibre on the viscosity of gastrointestinal contents and the acute glycaemic response in the rat. British Journal of Nutrition. 71: 563-571.

Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L. y Pedreschi, R. (2018). Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. *Advances in Food and Nutrition Research*, 287–343. doi: 10.1016 / bs.afnr.2017.12.005

Cao, G., Sofic, E. y Prior, R. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. J. Agric. Food. Chem. 44:3426-3461.

Chamorro, R., Repo, R., Ccapa, K., y Quispe, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (Amaranthus caudatus L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú, 84*(3), 362-374.

Champ, M. (1992). Determination of resistant starch in foods and food products: interlaboratory study. European Journal of Clinical Nutrition 46 (2), 17-32.

Chen, J., Liu, W., Liu, C. M., Li, T., Liang, R. H., & Luo, S. J. (2015). Pectin modifications: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55*(12), 1684–1698.

Cheung, P. y Chau, C. (1998). Changes in the dietary fiber (Resistant starch and nonstarch polysaccharides) content of cooked frlours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *J. Agric. Food Chem. 46*: 262-265.

Chervin, A. (1908). Anthropologie Bolivienne. I. Paris.

Chiewchan, N. (2018). 10 - Microstructure, constituents, and their relationship with quality and functionality of dietary fibers. In S. Devahastin (Ed.), Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability (pp. 193-216). Woodhead Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100764-8.00010-1

Cieza de León, P. 1560. La crónica del Perú. I edición Vedia. Historiadores primitivos De las indias. Madrid Tomo II.1879.

Cummings, J. H. y Mcfarlene, G. T. (1991). The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *J. Appl. Bacteriol. 70*, 443-459.

Dalgetty, D. y Baik, B. (2003). Isolation and Characterization of Cotyledon fibers from Peas, *Lentils, and Chickpeas, 80* (3), AACC.

De Francisco, A. (1997). Estudio comparativo de cultivos de avena del sol de brasil. Velatorio de prometo de pesquisa submetido ao CNPq – Proc. 523341/94-6 (NV).

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. y Patil, R.T. (2012). Fibra dietética en los alimentos: una revisión. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos, 49* (3), 255–266. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5

Dongowski, G., Lorenz, A., Proll, J. (2002). The degree of methylation influences the degradation of pectin in the intestinal tract of rats and in vitro. *J. Nutr. 132*, 1935-1944.

Douglas, S. G. (1980). A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemisty 7*:139-145.

Eerlingen, R. C. y Delcourt. (1995). Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. Journal of Cereal Science 22, 129-128.

Escudero, E., y González, P. (2006). La fibra dietética. Nutrición Hospitalaria, 21(Supl. 2), 61-72.

Eswaran, S., Muir, J., Chey, W.D. (2013). Fiber and functional gastrointestinal disorders. Am. *J. Gastroenterol*. 108, 718727.

FAO. (1992). Manual sobre utilización de los cultivos andinos sub explotados en la alimentación. FAO/RLC, Santiago de Chile.

FAO/OMS/ONU. (1985). Necesidades de energía y de proteínas. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de Informes Técnicos 724, OMS.

Fernández, M. y Rodríguez, J. (2001). Tecnología para la obtención de fibra dietética a partir de materias primas regionales. La experiencia en Cuba. Tecnología y Salud. editorial Varela. Sao Paulo.

Gallear, D. y Schneeman, B. (1997). Fibra alimentaria. Organización Panamericana de la salud. Editores: Ziegler, E. y Filer, L. 7ma edición. Publicación científica Nº 565. Washington.

García, M., Serna, N. y García, J. (1995). Análisis de la fibra alimentaria y sus fracciones por el método de Englyst. Rev. Alimentaria. Septiembre. 45-50.

Giusti, K. (1970). El género Chenopodium en la Argentina. I. Numero de cromosomas. Darwiniana 16: 98-105.

Gómez, L. y Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la Quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S. y Martín-Belloso, O. (1999). Characterization of Peach dietary fibre concentrates as a food ingredient. *Food Chemestry, 65*:175-181.

Heiser, C. y Nelson, D. (1974). On the origen of the cultivated Chenopods (Chenopodium). *Genetics 78*: 503-505.

Hernández, T., Hernández, A. y Martínez, C. (1995). Fibra alimentaria. Concepto, propiedades y métodos de análisis. Alimentaria. Abril. 19-30.

Herranz, J., Vidal-Valverde, C. y Rojas-Hidalgo, E. (1981). Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked spanish vegetables. *J. Food Sci. 46*: 1927-1933.

Herrera, I., Gonzalez, E. y Romero, J. (1998). "Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas". *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 48 (2): 356-357.

Hunziker, A. T. (1952). Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. ACME Agency, Buenos Aires, Argentina.

Irving, D. W., Betschart A. A. y Saunders. R. M. (1981). Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. J. Foods Science 46:1170-1173.

Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). The global potential for quinoa and other Andean crops. *Food Reviews International, 19*, 139–148. James, L. E. A. (2009). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Com

Jenkins, A. y Zdravkovic, U. (2002). Depresion of the glycemic index by high levels of β-glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*. 56:622-628.

Kaur, C. y Kapoor, H. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables the millennium's health. *J. Food Sci. Tech*. 36:703-725.

Kurek, M. A., Karp, S., Wyrwisz, J., & Niu, Y. (2018). Physicochemical properties of dietary fibers extracted from gluten-free sources: quinoa (Chenopodium quinoa), amaranth (Amaranthus caudatus) and millet (Panicum miliaceum). Food Hydrocolloids, 85, 321-330. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.021

Larrauri, J. (1994). Procesos para la obtención de productos en polvo con altos contenidos en fribra dietética. *Rev. Alimentos*. 19:25-30.

Larrauri, J., Rodríguez, J., Fernández, M. y Borroto, B. (1994). Fibra dietética obtenida a partir de hollejos cítricos y cáscaras de piña. *Cien. y Tec. Alim.* 34:102-107.

Lawther, J., Sun, R. y Banks, W. (1995). Extraction, fractionation and characterization of structural polysaccharides from wheat straw. *Journal Agricultural Food Chemestry*. 43:667-675.

Lee, S. (1995). Determination of total, soluble and insoluble dietary fibre: collaborative study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 49(Suppl.3):S153-S157.

Li, J. y Kaneko T., Qiang, L., Wang, J., Wang, Y. & Sato A. (2003). Long-term effects of high dietary fiber intake on glucose tolerance and lipid metabolism in GK rats: Comparison among barley, rice and cornstarch. *Metabolism, 52* (9): 1206-1210.

Lien, E., Ren, S., Bui, H. y Wang, R. (1999). Quantitative structure-activity relationship análisis of phenolic antoxidants. Free Radical Biology & Medicine. 26(3/4):285-294.

Liu, S. (2003). Whole grain foods, dietary fiber, and type 2 diabetes: searching for a kernel of truth. Editorial. *Am. J. Clin Nutr*. 77:527-529.

Liu, J., Wang, Z., Wang, Z., Hao, Y., Wang, Y., Yang, Z., Li, W., & Wang, J. (2020). Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (Chenopodium quinoa Willd). Journal of Cereal Science, 95, 103045. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.

jcs.2020.103045

López, G., Ros, G., Rincón, F., Periago, M., Martínez, C. y Ortuño, J. (1997). Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto intestinal. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. 47(3):2003-207.

Mahan, L. (1998). Nutrición y dietoterapia. Editorial McGraw-Hill. Interamericana México, D.F.

Mann, J. (2001). Dietary Fiber and Diabetes revisited. *European Journal of Clinical Nutrition*.55:919-921.

Mantey, F. (1999). Soluble and Insoluble Dietary Fiber Content and Composition in Oat. *AACC*. 76, No.3.

Marshione, S. (2005). Papel de la fibra dietaria en la motilidad colónica. Med. UNAB.

Martínez-Valverde, I., Periego, M. y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Arch Latinoamer Nutr*. 50:5-18.

McConnell, A., Eastwood, M. y Mitchell, W. (1974). Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *J. Sci. Fd. Agric*. 25:1457-1464.

Mudgil, D. & Barak, S. (2019). Chapter 2 - Classification, Technological Properties, and Sustainable Sources. In C. M. Galanakis (Ed.), Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications (pp. 27-58). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00002-2

Ministerio de Agricultura. (1997). Instituto Nacional de Investigación Agraria-Programa Nacional de Investigación de Cultivos Andinos.

Ministerio de Salud. (1996). Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Tabla Peruana de composición de alimentos. 7ma. Edición. Lima. Perú.

Mongeau, R. & Brassard, R. 1982. Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and brans: bile salt binding and water-holding capacity in relation to particle size. *Cereal Chem.* 59(5):413-417.

Montoro, P., Carbone, V., de Simona, F., Pizza, C. y de Tomáis, N. (2001). Studies on the constituents of *Cyclanthera pedata* fruits: isolation and structure elucidation of new flavonoid glycosides and their antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 49(11):5156-5160.

Mujica, A., Jacobsen, S.E., Izquierdo, J., Y Marathee, J. P. (Editores). (2001). Quinua (Chenopodium quinoa Willd.); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro FAO. Santiago de Chile.

Mujica, A. (1996). Genetic Resourses of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). FAO. Roma, Italia. en prensa.

Muñoz, L., Monteros, C. y Montes de Oca, P. (1990). A cocinar con quinua. Publ. Miscl. No. 55. EE. Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. pp. 7-120.

Nishimura, N. y Taniguchi, Y. (2000). Plasma Cholesterol–lowering effect on rats of dietary fiber extracted from inmature plants. *Biosci. Biotechnol.Biochem.* 64(2): 2543-2551.

Ortega, L. M. (1992). Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos. INIA. PICA. Puno, Perú. pp. 23-120.

Pak, N. (2000). Fibra dietética en verduras cultivadas en chile. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 50(1):97-101.

Parra-Cabrera, S., Fernadez-Ortega, M., Vandale-Toney, S. y Lopez-Carrillo. L. (1994). Fibra dietética y tumores gastrointestinales, implicaciones para la población mexicana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 44(2):76-80.

Patiño, V. (1964). Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Tomo II. Plantas alimenticias. Imprenta Departamental. Cali. Colombia.

Pennachiotti, I. (1989). La fibra dietaria y su importancia en la salud humana. *Alimentos. 14*(3):60-64.

Periago, M., Ros, G., López, G., Martínez, M. y Rincón, F. (1993). Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 33*(3):229-246.

Prakongpan, T., Nititahmyong, A. & Luangpituksa, P. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *J. Food Sc.* 46(4):1308-1313.

Prego, I., Maldonado, S. y Otegui, M. (1988). Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. Annals of Botany 82:481-488. Article N°. Bo980704.

Quiroga, C.C. (2020). Cultivos alimentarios autóctonos para las generaciones presentes y futuras. *Sostenibilidad del sistema alimentario*, 3–23. doi: 10.1016 / b978-0-12-818293-2.00001-x

Ramírez, A. (1985). Alimentos en Gastroenterología. FAP.

Rascon, R. y Lopez, L. (1998). El consumo de alimentos preparados con maíz, trigo y arroz, y su relación con la incidencia de cáncer gástrico en México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 48* (3): 221-224.

Redondo, A. y Ordoñez, J. (1996). Fibra alimentaria: propiedades e interés nutricional. *Alimentación, Equipos y Tecnología. Enero/Febrer*o. 77-86.

Repo-Carrasco, R. (1992). Cultivos andinos y la alimentación infantil. Serie: Investigaciones nº 1. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina CCTA/Lima, Perú.

Repo-Carrasco, R. (1998). Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos. Lima, Perú.

Repo-Carrasco-Valencia, R. A., Encina, C. R., Binaghi, M. J., Greco, C. B., & Ronayne de Ferrer, P. A. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kan˜iwa on composition and availability of minerals in vitro. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90, 2068–2073.

Richele, M., Tavazzi, I. y Oxford, E. (2001), Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffe, cocoa and tea) prepared per cup serving. *J. Agrip. Food Chem*. 49:3438-3442.

Robertson, J. A. y Eastwood, M. A. (1981). An examination of factors which may affect the water holding capacity of dietary fibre. *British Journal of Nutrition*, 45: 83-88.

Rojas, E. (1997). La fibra dietética. Estudio bioquímico y aplicaciones clínicas. Alimentación, Nutrición y Salud. 4(3): 59-72.

Ruales, J. y Fair, B. M. (1994). Factores antinutricionales en semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Saponinas, ácido fítico, taninos e inhibidores de proteasa. En: Resúmenes de trabajos presentados al VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Saastamoinen, M. (1995). Effects of environmental factor son the β-glucan content of two oat varieties. Acta Agriculturae Scandinavica 45, 181-187.

Sánchez, M.A. (1980). Potencial agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.

Saura-Calixto, F. (1993). Fibra dietética de manzana: Hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. Alimetaria. Mayo: 57-61.

Saura-Calixto, F. (1995). Fibra dietética: un nuevo concepto en nutrición. Fronteras de la Ciencia y la Tecnología. 7:29-31.

Saura-Calixto, F. (1998). Antioxidant dietary product: a new concept and potencial food ingredient. *J. Agric. Food Chem*. 46: 4303-4306.

Sauer, J. D. (1950). The grain amaranthus. A survey of their history and classification. *Annals of the Missouri Botanical garden. 37*: 561-632. USA.

Sauer, J. D. (1976). The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden 54:103-137.

Saura-Calixto, F. y Larrauri, J. (1996). Nuevos tipos de fibra dietética de alta calidad. *Alimentación, Equipos y Tecnología. Enero/Febrero*. 71-74.

Scheeman, B. (1987). Soluble vs. Insoluble fiber-different physiological responses. *Food Technol.*, *41*(2):81-82.

Serra, J., Weaver, C., Martin, B. y Heaney, R. (1998). Lignin effect on calcium absoption in rats. *Journal of food Science, 63* (1): 165-167.

Sosulski, F. y Cadden, A. (1982). Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *J. Food. Sci*. 47:1472-1477.

Spiller, G. (1986). Handbook of dietary fiber in human nutrition. CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida. USA. 451-460.

Stephen, A. M. (1994). Whole grains Impact of consuming whole grains on physiological effects of dietary fiber and starch. Crit. Rev. *Food Sci. Nutr*. 34:499-511.

Sullivan, O. & Cho, S. (1998). Fibre recommendations throghout the world. *International Journal of Food Science and Nutrition. 49*: S13-S21.

Svanberg, M., Suorti, T. y Nyman, M. (1997). Physicochemical changes in dietary fiber of green beans alter repeated microwave treatmets. *J. Food. Sci. 62*: 1006-1011.

Tamayo. y Bermúdez, A. (1998). Los residuos vegetales de la naranja como fuente de fibra dietética. p. 181-189.

Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Santiago de Chile.

Tosi, E., Lucero, H. y Masciarelli, R. (2001). Dietary fiber content from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by diferencial milling. *Food Chemistry 73*, 441-443.

Truswell, A. (2002). Cereal grains and coronary heart disease. *European Journal of Clinical Nutrition. 56*:1-14.

Tungland, B.C & Meyer, D. (2002). Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 1* (3), 90-109

VanHorn, L., Archer, S., Thedford, K. y Baltes, A. (2001). CHAPTER 19 - Other Dietary Components and Cardiovascular Risk. In A. M. Coulston, C. L. Rock, & E. R. Monsen (Eds.), Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease (pp. 291-302). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012193155-1/50021-0

Van Soest, P. J. & Wine, R. H. (1968). Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate, J. Ass. Official Agr. Chem. 51: 780-785

Vargas, C. (1938). Nota etnobotánica sobre la cañihua. Rev. Arg. Agr. 5 (4):224-230, Buenos Aires, Argentina.

Vidal-Valverde, C., Herranz, J., Blanco, I. y Rojas-Hidalgo, E. (1982). Dietary fiber in Spanish fruits. *J. Food Sci*. 47:1840-1845.

Wang, H., Cao, G. y Prior, R. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food. Chem*. 44:701-705.

Wilson, H. D. (1976). A biosistematic study of the Chenopods and related species. Ph.D. Thesis. Indiana University. USA.

Wilson, H. y Heiser, C. B. (1979). The origen and evolutionary relationship of huauzonthe (*Chenopodium nuttalliae*) domesticated chenopod of Mexico. Am. *J. Bot. 66*: 198-206.

Wittig de Penna, E. y Avedaño, P. (2003). Caracterización química y sensorial de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética y micro nutrientes para el anciano. *Archivos Latinoamericanos de nutrición 53* (1): 74-79.

Zambrano, M., Meléndez, R. y Gallardo, Y. (2001). Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. Tecnología y salud. Editorial Valera, Sao Paulo.

Zavaleta, R. y Vera, C. (1982). Estudio de tecnología de desamargado de quinua y análisis de saponinas. Proyecto de desarrollo tecnológico en el área de alimentos. Ministerio de planeamiento y coordinación y junta del acuerdo de Cartagena. Pág 9. La Paz. Bolivia.

Zhu, F. (2020). Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. *Carbohydrate Polymers, 248*, 116819. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819

SOBRE LOS AUTORES

CARLOS A. LIGARDA-SAMANEZ - Docente investigador RENACYT, Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNSCH), Maestro en Ciencias (UNALM), Ingeniero Civil (UCV) y Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); actualmente es docente Asociado Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), Responsable del Laboratorio de Investigación de Nanotecnología en Alimentos (LINA) y Coordinador del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

DAVID CHOQUE-QUISPE - Docente investigador RENACYT, Ingeniero Químico (UNSAAC), Maestro en Ciencias (UNSAAC), Ingeniero Ambiental (UAP) y Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); actualmente es docente Asociado Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

HENRY PALOMINO-RINCÓN - Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNSCH), Magister de la (UJCM), actualmente es docente Auxiliar Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

RAÚL M. YARANGA-CANO - Docente investigador RENACYT, Ingeniero Zootecnista (UNCP), Maestro en Ciencias de la Universidad de Glembloux-Bélgica y Maestro en la (PUCP), Doctor en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible (UNCP), Vicepresidente de Investigación de la UNAJMA.

BETSY S. RAMOS-PACHECO - Docente investigadora RENACYT, Ingeniera Agroindustrial (UNAMBA), Maestra en Ciencias (UNSCH); actualmente es docente en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

MARY L. HUAMÁN-CARRIÓN - Ingeniera de Sistemas e informática (UTEA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

AYDEE M. SOLANO-REYNOSO - Docente investigadora RENACYT, Bióloga de la UNSCH especialidad en Microbiología, Maestría en la UAP, Dra. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

ELIBET MOSCOSO MOSCOSO - Ingeniera Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).



Atena Editora
Ano 2021

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

QUINUA, KIWICHA Y CAÑIHUA

FIBRA DIETÉTICA EN CEREALES ANDINOS

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Raúl M. Yaranga-Cano
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Aydee M. Solano-Reynoso
Elibet Moscoso-Moscoso

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
GINBIO



Atena Editora
Ano 2021

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

QUINUA, KIWICHA Y CAÑIHUA

FIBRA DIETÉTICA EN CEREALES ANDINOS

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Raúl M. Yaranga-Cano
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Aydee M. Solano-Reynoso
Elibet Moscoso-Moscoso

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
GINBIO